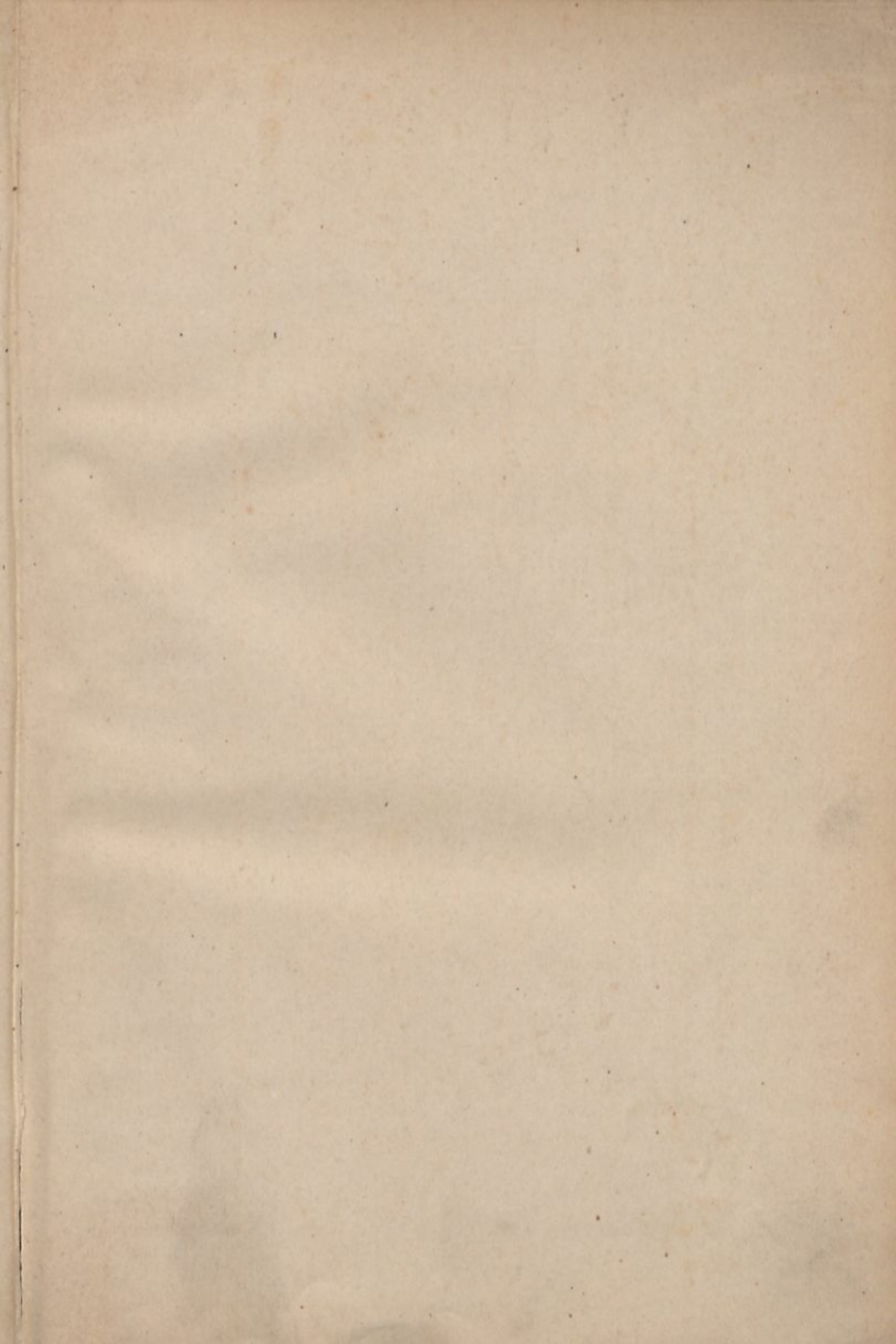
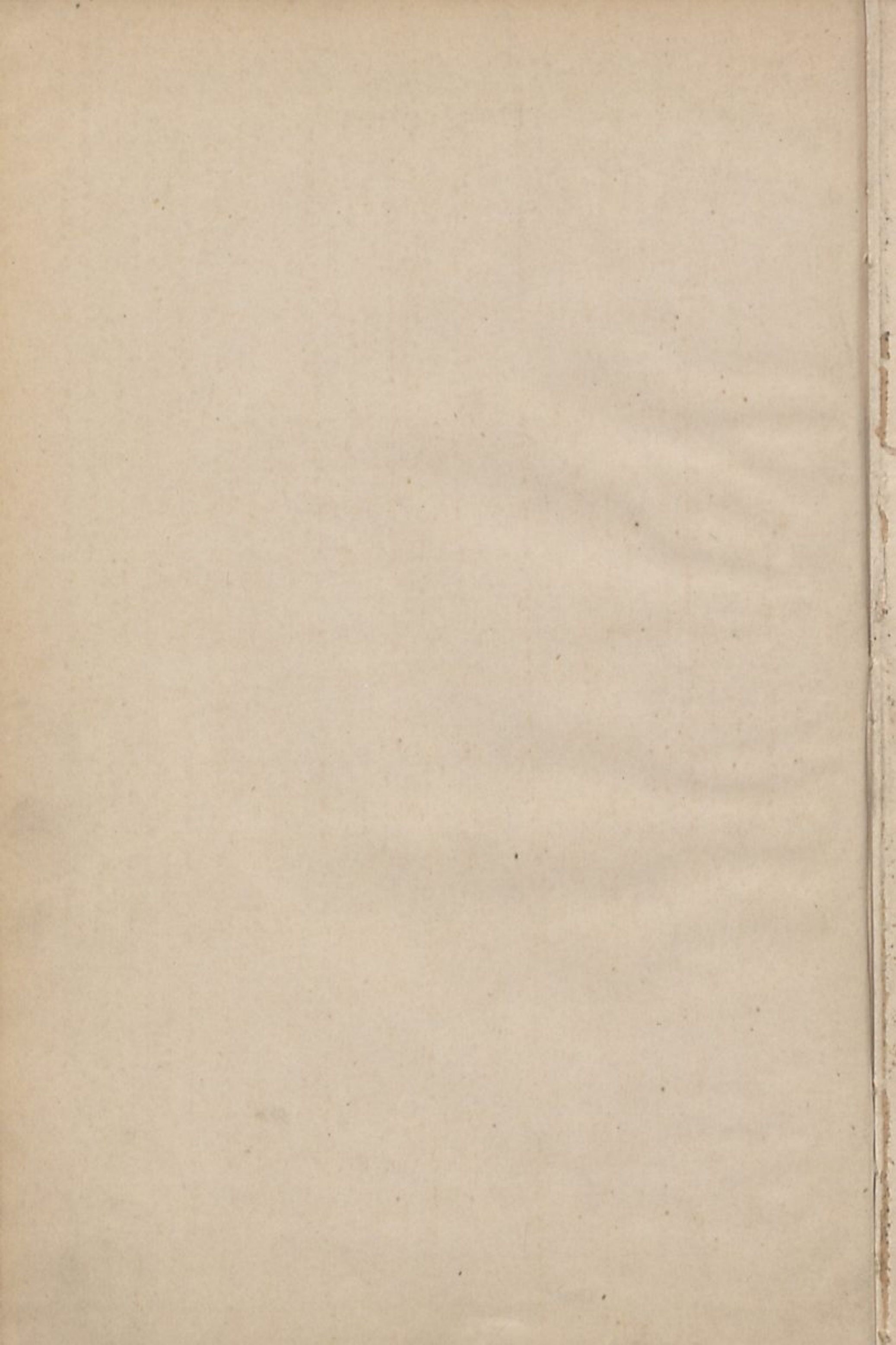

Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej
100100369507





Deutsches
BAUHANDBUCH.

Eine systematische Zusammenstellung

der

Resultate der Bauwissenschaften mit allen Hülfswissenschaften

in ihrer Anwendung

auf das Entwerfen und die Ausführung der Bauten.

Veranstaltet

von

den Herausgebern der Deutschen Bauzeitung und des Deutschen Baukalenders.

Band III.

Baukunde des Ingenieurs.

Mit etwa 1650 Holzschnitten im Text.

Berlin,
Kommissions-Verlag von Ernst Toeche.
1879.

Inhalts-Verzeichniss.

A. Wasserbau.

Hülfsarbeiten des Wasserbaues.

Grundbau.

Uferbau.

Benutzung des Ufers.

Flussbau.

Wehr- und Schleusenbau.

Deich- und Sielbau.

Wasserleitungen.

Kanalbau.

Seite

B. Brückenbau.

Feste Brücken.

Bewegliche Brücken.

Fähren.

C. Erdbau.

D. Strassenbau.

Allgemeines.

Traçirung.

Bauliche Ausführung.

E. Eisenbahnbau.

Allgemeines über die Vorarbeiten.

Konstruktion und Ausführung.

Seite

Oberbau.

Ausweichungen und Kreuzungen.

Bauwerke und bauliche Anlagen in der freien Bahn.

Plan-Uebergänge mit allem Zubehör.

Durchlässe und kleinere Brücken.

Bauwerke besonderer Art.

Signalwesen der Eisenbahnen.

Arbeits-Maschinen.

H. Feuerlöschwesen und Sicherheitsmittel bei und gegen Feuer-Ausbruch.

Allgemeines über das Löschwesen und die Einrichtung der Feuerwehren.

Druckfehler-Verzeichniss.

S. 114 Z. 1 v. o. ist anstatt 20^{cm}: 40^{mm} zu lesen.

„ 134 Die Z. 9 v. o. mitgetheilte Formel muss lauten:

$$d = N + \frac{1}{21000} \frac{QW}{Kh} \text{ (Meter.)}$$

Daselbst ist hinter Z. 10 v. o. nachzufügen: „einschliesslich des Halbkreis-Bogens".

Daselbst muss die Formel, Z. 11 v. o. lauten:

$$d = N + \frac{1}{7000} \frac{Q}{K} \text{ (Meter.)}$$

Daselbst ist hinter Z. 11 v. o. folgende Einschaltung zu machen: In den vorstehenden Formeln bezeichnet N eine Zusatzstärke, welche für stark belastete Bogen und Gewölbe zu $0{,}2^{m}$, für mittelstark belastete (die etwa den Fussboden eines Stockwerks tragen) zu $0{,}1^{m}$ und für wenig belastete Bogen und Gewölbe (etwa solche in Kirchen und Schulen) zu $0{,}05^{m}$ anzunehmen ist.

S. 204 Z. 2 v. u.: Die Angabe von 0,5—1,0 M. pro Jahr bezieht sich auf die durchschnittlichen Jahreskosten und umfasst daher sowohl die Neuanlage- als die Unterhaltungs-Kosten.

S. 523 Z. 4 v. u. ist hinter Wagen einzuschalten: pro Personen-Platz.

S. 685 Zu Ziffer 12 ist anstatt Dampf-Dunstramme „Dampf-Kunstramme" zu lesen.

A.

DER WASSERBAU.

Bearbeitet von L. Franzius, Reg.- und Baurath, Lehrer an der Königl. Bau-Akademie zu Berlin.

Litteratur: Hagen, der Wasserbau, 3. Aufl.; Storm-Buysing, waterbouwkunde; de Cessart, description des traveaux hydrauliques; Minard, cours de constructions; Sganzin, programme ou resumé des leçons d'un cours de constr.; Zeitschr. f. Bauwesen; Deutsche Bauzeitung; Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover; Engineer; Engineering.

I. Hülfsarbeiten des Wasserbaues.

1. Erdbohren.

Das Erdbohren ist vorzüglich für Gründungen, dann für grössere Erdarbeiten, besonders zu Kanälen, und endlich für artesische Brunnen von Bedeutung.

Wo es nur auf Bodenuntersuchung ankommt, genügen zuweilen anstatt der Bohrungen: a) Aufgrabung, wenn bei mässiger Tiefe das Vorkommen einer gewissen Bodenart zu konstatiren ist; b) ein Probepfahl, wenn für demnächst unter gleichen Umständen einzuschlagende Pfähle deren Widerstand, Tragfähigkeit, Stabilität und nöthige Länge zu ermitteln ist; c) Sondireisen, wenn unter weichen Schichten die Tiefenlage einer nicht weiter zu untersuchenden ersten Schicht, namentlich Sand (kenntlich durch hörbares Knirschen bei Drehung der Stange) gefunden werden soll. Wenn aber die fraglichen Schichten tief liegen, die Gründungsart noch ungewiss ist und feste Schichten mit weichen mehrfach wechseln können, so ist auch für blosse Bodenuntersuchung eigentliches Bohren nothwendig.

Dasselbe ist hierbei in der Art der Ausführung nicht verschieden von dem Bohren artesischer Brunnen. Aber für Bodenuntersuchungen steigt die nöthige Bohrtiefe selten über 20^m und es genügt dann ein enges, nur ausnahmsweise mit Futterröhren auszukleidendes Bohrloch, während bei artesischen Brunnen die Tiefe oft mehre 100^m beträgt, eine möglichst grosse Weite erwünscht ist und fast stets wasserdichte Futterröhren und grosse Hülfsapparate nöthig sind.

Die Bohrer richten sich nach den zu durchdringenden Bodenarten und oft müssen bei einem Loche verschiedene nach einander oder abwechselnd angewandt werden.

Fig. 1.



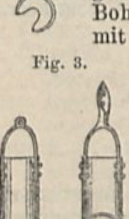
Für weichen Boden, Humus, Moor, Thon etc., dienen besonders der Zylinderbohrer und der Löffelbohrer, welche beide mit festem Gestänge gedreht werden. Der Zylinderbohrer (Fig. 1) mit hindurchgehender, zugespitzter Axe, aufgeschlitzter Boden- und Mantelfläche, beide mit etwas vortretender, verstählter Schneide versehen, oben offen, etwa 15 — 30 ^{zm} weit, muss häufig gehoben und entleert werden; er dient besonders im Anfange zur Eröffnung eines tieferen Loches, u. a. auch zum Einsetzen von Gerüstpfählen etc. Der Löffelbohrer (Fig. 2) mit höchstens halbem Mantel eines Zylinders oder besser eines Kegels, vortretender Boden- und Seitenschneide von Stahl, 7—15 ^{zm} weit, verursacht weniger Widerstand und lässt sich noch 1—2 ^{m} tief in reinen Sand hineindrehen; er bringt beim Aufziehen eine Probe der letzten Bodenschicht mit herauf.

Fig. 2.



Für reinen Sand oder Kies, namentlich wasserhaltigen, sind nur Ventilbohrer zu empfehlen. Sie bedürfen stets Futterröhren und sind mit einer leichten Stange oder einem dünnen Hanfseil möglichst rasch 2—6 ^{zm} hoch auf und nieder zu bewegen, wobei sich jedesmal das Ventil hebt und Sand fängt. Der volle Bohrer muss rasch gehoben und durch einen zweiten ersetzt, auch das Futterrohr thunlichst nachgetrieben werden, sonst erfolgt unnütze Sandhebung. Der Bohrer besteht aus einem unten zugeschärften Blechmantel mit 2 Ventilklappen oder einer Kugel auf entsprechendem Sitz (Fig. 3); weniger gut wegen rascher Abnutzung ist die Konstruktion als Pumpe, mit Bodenventil und Kolben, durch welchen letzteren der gefüllte Bohrer schliesslich gehoben wird. Durchmesser des Bohrers etwa 10—15 ^{zm}, Futterrohr etwa 4 ^{zm} weiter.

Fig. 3.



Für grobes Geschiebe oder gewachsenen Fels sind nur Meisselbohrer (Fig. 4—7) anzuwenden, welche mit Gestänge oder Seil gehoben werden und beim Niederfallen das Gestein zertrümmern. Der sogenannte Bohrschlamm ist von Zeit zu Zeit mit Sandbohrern zu entfernen. Fallhöhe nach Festigkeit des Steins, nicht zu hoch, i. M. etwa 0,3—0,5 ^{m}. Die stählerne Meisselschneide ist entweder, und besonders zweckmässig, einfach (sog. Meisselbohrer, Fig. 4) oder kreuzweise (Kreuzbohrer, Fig. 5) oder aus mehren Meisseln zusammengesetzt (Kronenbohrer, Fig. 6, 7). In allen Fällen ist nach jedem Schlag eine kleine Drehung nöthig, um neue Stellen des Gesteins zu treffen. Wenn mit dem Seil gebohrt wird, wobei eine genaue Richtung nicht eingehalten werden kann, muss von Zeit zu Zeit das Loch mit einem ringförmigen Meissel (Fig. 8) nachgebohrt werden. Wenn mit dem Seil im Futterrohr gebohrt wird, so sitzen die Meissel an einem Block, der nicht in seiner Mitte aufgehängt ist, so dass die Schneiden vor den Rand des Rohrs vortreten und dieses frei bohren (Fig. 9).

Fig. 4 5 6 7

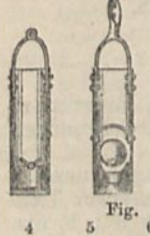
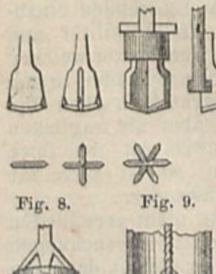


Fig. 8. Fig. 9.



Das Bohrgestänge besteht fast stets aus Schmiedeeisen, selten aus Holz, und wird aus einzelnen, völlig gleich langen (2—5m) und gleichartigen, fortlaufend numerirten Stücken zusammengesetzt. Der Querschnitt derselben muss quadratisch sein, um die Stange leicht an jeder Stelle fassen und drehen zu können. Die Zusammensetzung geschieht am sichersten nach Fig. 10, wobei die Verbindungsstelle so stark zu machen ist, dass sie in keiner Beziehung einen schwachen Punkt des Gestänges bildet. Eine Verbindung mittels Schraubengewinden ist weniger sicher und bequem. Gestänge, welche gedreht werden müssen, dürfen nie unter 3zm stark sein; bei grosser Tiefe erhalten sie 7—10zm Stärke und bedürfen entsprechender Winden zum bequemen Heben und Senken. Dabei erfolgt die Verkürzung und Verlängerung des Gestänges nach den einzelnen Stücken desselben, wozu ein zweites Windetau mit einem oder zwei quadratischen Schlüsseln (Fig. 11) das Gestänge fast an jeder Stelle fassen kann.

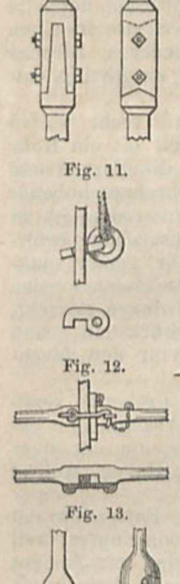


Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13.

Zum Drehen des Gestänges dient ein ähnlicher Schlüssel (Fig. 12) mit 2 Armen, welcher aber mit einem Keil (der gegen Hinunterfallen durch eine kleine Kette zu sichern) befestigt und ausserdem mit einem Ueberfallhaken versehen wird. Um ein etwa abgebrochenes Gestänge heraufzuholen, bedient man sich verschiedener Fanginstrumente mit scharfen Zähnen oder schraubenförmigen Kanten, nach Fig. 13.

Bei langen und schweren Gestängen im Felsboden darf nicht das ganze Gestänge mit dem Bohrer aufstossen, sondern nur ein gewisser unterer Theil, der mit dem oberen, welcher von der Winde gehoben wird, durch das sogenannte Wechselstück verbunden ist. Der obere Gestängetheil gleitet beim Aufstossen des Bohrers etwas auf dem unteren hinab (Fig. 14).

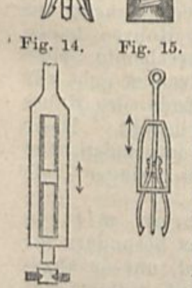


Fig. 14. Fig. 15.

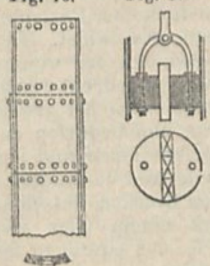
Die Anwendung eines Seiles zum Bohren ist nur für mässige Tiefen zu empfehlen. Hanfseil dehnt sich stark, weshalb die Tiefe nicht genau zu ermitteln und grösserer Hub nöthig ist, als das wirkliche Fallen des Bohrers beträgt. Für grosse Tiefen sind glatte Drahtseile gut. Zum Aufziehen eines zerrissenen Seiles dient ein sogenannter Fangkorb (Fig. 15), aus 3 bis 4 federnden Haken bestehend, welche durch ein verschiebbares, ringförmiges Gewicht beim Aufstossen zusammengedrückt werden. Eine Führung des Seiles im Loche durch Leitscheiben oder Leitkugeln schwächt den Effekt ohne entsprechenden Nutzen.

Die Futteröhren bestehen selten aus Holz, weil diese schwer eindringen; aus Gusseisen nur dann, wenn grosse Weite und starkes Rammen nöthig; am besten aus Schmiedeeisen. In allen Fällen müssen sie innen völlig glatt und ohne alle Vorsprünge sein, unten einen zugeschärften, aber genügend starken, etwa durch einen äusseren Ring zu verstärkenden und etwas zu erweiternden Rand haben (Verstählung, Sägezähne, umgelegtes Schraubengewinde etc).

Bei mässigen Tiefen, bis 20m, können die schmiedeeisernen Röhren aus einfachem Blech bestehen. Jedes Stück erhält dann oben eine

angenietete Muffe, mit welcher das nächste Stück vernietet, verlöthet oder verschraubt wird. Letzteres ist bei blossen Bodenuntersuchungen am bequemsten. Die Schrauben sind etwa doppelt so dick als die Bleche zu nehmen und mit viereckigem Kopf mittels Schlüssels einzudrehen; die Bleche etwa 4—6mm dick.

Bei grossen Tiefen (artesischen Brunnen) ist es rathsam, doppelte Bleche zu verwenden, wobei die Stösse des einen auf der halben Länge des anderen Bleches liegen (Fig. 16). Nietkolben zweitheilig mit Keilen (Fig. 17).

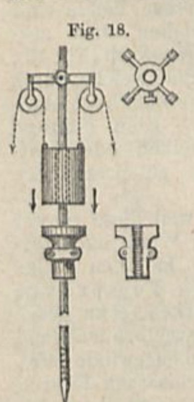

Fig. 16. Fig. 17.

Für grosse Tiefen ist mit recht weiten Röhren (0,5m) zu beginnen, weil oft ein Rohr nicht weiter zu treiben und die Fortsetzung des Loches nur durch ein hindurchgeschobenes engeres Rohr möglich ist. Ausserdem ist zu Anfang eine möglichst tiefe Ausgrabung erforderlich und das erste Futterrohr genau senkrecht einzubringen. Bei geringen Tiefen werden die Rohre mittels umgelegter Zwingen gedreht, bei grossen Tiefen gerammt, wozu in das oberste Stück ein genau schliessender Knecht von Holz, mit Führungsstange für den durchlochten Rammbären, eingesetzt wird.

Im Rohre entstandene Falten können durch zu drehende vertikale Stahlschneiden entfernt werden; etwa nöthiges Abschneiden geschieht mittels einer gedrehten horizontalen Schneide, die mit einer Feder sich andrückt; das Ausziehen mittels federnder Haken, welche unter den unteren Rand des Rohres greifen.

Für artesische Brunnen muss oft in das letzte Futterrohr ein wasserdichtes Steigerohr eingesetzt werden, am besten von Kupfer, weil eiserne rosten. Aeussere Zwischenräume sind thunlichst mit Zement etc. auszufüllen. Die Ausflussmenge kann u. a. durch Aufpumpen sehr vergrössert werden. Sehr nahe Brunnen nehmen sich oft gegenseitig ihr Wasser.

Mit artesischen Brunnen sehr verwandt sind die sogenannten Abessynier Brunnen oder Rammbrunnen, welche jedoch meist nur bis ca. 9m Tiefe hinabreichen. Die schmiedeeisernen Röhren haben 5—10zm lichte Weite, unten eine der Bodenart entsprechende Spitze und über derselben eine Anzahl Sauglöcher; ihr Eintreiben geht aus Fig. 18 hervor. Auf das obere Ende des Rohrs wird ein Pumpen-Zylinder geschraubt. Diese Brunnen eignen sich zu allen interimistischen Zwecken und wenn das Wasser in geringer Tiefe zu erreichen, sehr gut.


Fig. 18.

Endlich ist hier das Bohren mittels Wasserdruck zu erwähnen, was besonders für Brunnen von mässiger Tiefe und nur in angeschwemmtem Boden (auch Sand mit Steinen) anwendbar ist. Hierzu dient ein Futterrohr mit einem inneren, konzentrischen, unten nicht ganz so tief reichenden, oben aber vortretenden Druckrohr, in welches mittels einer Druckpumpe ein der Festigkeit des Bodens, der Tiefe etc. entsprechender Wasserstrahl, zuweilen stossweise, meistens kontinuirlich hineingetrieben wird. Das Wasser lockert unten den Boden und reisst ihn (bis auf die gröberen Theile) durch den Zwischen-

raum beider Rohre mit sich hinauf. Durch blosses Drehen des Futterrohrs, Heben und Senken des Druckrohrs erfolgt rascher Fortgang, ohne Rammen. Die Rohre sind bezw. 5 bis 7 und 2 bis 5zm weit, aus starkem Schmiedeeisen gezogen, mit wasserdichten Muffen an den Stössen.

2. Rammen, Abschneiden und Ausziehen von Pfählen und Spundwänden.

Der Zweck der einzurammenden Pfähle und Spundbohlen ist sehr verschieden, daher auch ihre Beschaffenheit und die Art der Einrammung. Ueber erstere siehe Näheres im Abschnitt Grundbau, Uferbau etc. Für das Einrammen ist besonders von Wichtigkeit, dass die Hölzer glatt, gerade gewachsen, nicht blos gerade geschnitten oder behauen, und stark genug für die Schläge des Rammbären sind. Die Stärke ist abhängig von der Tiefe der Einrammung, der Bodenart und der Länge der Hölzer; es wird also überhaupt die Stärke mit durch die Länge bedingt.

Da Grundpfähle in der Regel 2—3m im festen Boden (Sand oder Kies) stehen müssen, wenn nicht wegen Gefahr des Losspülens eine grössere Tiefe nöthig wird, so ist für 3m lange Grundpfähle eine Stärke von 25zm i. M. zu rechnen und dieselbe für jedes fernere Meter um 1 bis 2zm zu vermehren. Für Bohlwerkspfähle kann dasselbe gelten, während Gerüstpfähle etc. nach Umständen stärker oder schwächer zu nehmen sind.

Alle Pfähle sind mit dem Wipfelende nach unten zu rammen, weil sie leichter eindringen, das Stammende stärkere Schläge verträgt und die obere Stärke, namentlich bei Bohlwerken, besonders werthvoll ist. Gut eingerammte Pfähle sind gegen etwaigen Auftrieb des Wassers oder Eises entweder an sich sicher genug, oder eventuell durch besondere Vorkehrungen zu sichern.

Die Pfähle müssen unten mit einer vierseitigen Spitze versehen werden, deren Länge für festeren oder weicheren Boden gleich 1½ bis 2mal der unteren Dicke ist. Die Spitze ist unten etwas abzustumpfen. Nur für sehr steinigen Boden sind Pfahlschuhe anzuwenden, in welchen mindestens die halbe Dicke des Pfahles stumpf aufsteht. Letztere werden entweder aus Schmiedeeisen, mit 4 Lappen und starken Nägeln, oder aus Gusseisen mit hohlem Kegel und innerem Dorn hergestellt, oder endlich aus beiden Materialien so zusammengesetzt, dass zwei V förmig gebogene, die 4 Lappen bildende Schienen durch eine gusseiserne Spitze zusammengehalten werden.

Die Spundbohlen sind nicht unter 25zm und nicht über 35zm breit (sonst viel Verlust bezw. Aufspalten) und schon für etwa 2m Länge nicht unter 10zm dick zu nehmen, für jedes Meter Länge mehr, je nach der Bodenart, um 1 bis 2zm stärker. Nur quadratische Spundung (= ⅓ der Bohlendicke) ist zu empfehlen. Die Bohlen sind unten mit symmetrischer Schneide, die 2 bis 3mal so lang, als die Dicke der Bohlen und etwas abgestumpft ist, zu versehen. Abschrägung an einer schmalen Seite befördert allerdings in glattem Boden den Zusammenschluss der Bohlen, in steinigem aber nicht, und sind künstliche Formen wegen Gefahr des Umbiegens, Aufspaltens etc. zu vermeiden. Die Pfahlschuhe sind sehr theuer und wenig wirksam, statt ihrer wendet man lieber stärkere Bohlen oder solche von Eisen an; die letzteren

Fig. 19.



Fig. 20.

sind aus Gusseisen, 2 bis 4^{zm} dick, 40 bis 50^{zm} breit, am besten mit 2 Seitenrippen, halbem Falz und dickem Kopf nach Figur 19.

Die Pfähle und Spundbohlen sind am Kopf völlig eben und rechtwinklig zur Länge abzuschneiden, bei etwaigem Umlegen der oberen Fasern nachzuschneiden und fast stets mit sogenannten **Pfahlringen** zu versehen; schmale Bohlen lassen sich wohl paarweise damit einrammen. Auch mittels gemeinsamen Pfahlschuhes und Ringes, sowie mit breitem Rammbär können mehre Bohlen zugleich eingetrieben werden (Fig. 20). Pfahlringe werden lieber zu stark als zu schwach, mindestens 3^{zm} dick, 7^{zm} hoch, aus bestem Schmiedeeisen, auch wohl aus einem dünnen Bandeisen zusammengeschweisst und heiss aufgezogen.

Bei Akkordarbeit (die Arbeit im Tagelohn wird unverhältnissmässig theuer) müssen zur leichteren Kontrolle alle Rammhölzer vor dem Rammen der Länge nach gemessen und sowohl unten als oben mit eingebrannten Zahlen (etwa nach halben Metern) versehen werden. Beim Beginn des Rammens sind die unteren vom Aufseher zu revidiren; sonst ist betrügerisches Verkürzen der Pfähle unten oder oben zu gewärtigen.

Die Grundpfähle werden beim Rammen an der Ramme durch Tau, Kette etc. geführt, die Spundbohlen dagegen stets zwischen Zwingen — am besten zwei übereinander — eingerammt.

Fig. 21.

Wenn die Pfähle tiefer zu schlagen sind, als der Rammbär fallen kann, so muss eine sogenannte Jungfer oder ein Knecht (Fig. 21) mit Dorn und gemeinsamem Ring auf den Pfahl gesetzt werden; dann ist aber die Richtung nicht mehr sicher und der Effekt geringer. Noch schädlicher ist das sogenannte Aufpfropfen, denn im grossen Umfange angewandt, fehlt bei demselben alle Sicherheit.

Die **Ramm-Maschinen**, von Handrammen für leichte Rüstpfähle etc. abgesehen, zerfallen nach Art des Betriebes in Zugrammen, Kunstrammen und Dampframmen (Pulverrammen sind sehr selten). Die beiden ersteren Arten gestatten hinsichtlich des Gerüstes, insbesondere der Führung des Bären Variationen, die sie zu verschiedenen Zwecken vorzüglich geeignet machen. Die wichtigeren Formen sind:

Fig. 22.

a) **Ramme mit quadratischem Schwellwerk** und fester, einfacher oder geschlitzter Läuferruthe (Fig. 22); gewöhnlichste Form, stabil, aber der Bär schlägt nicht tiefer als die Gerüstschwelle.

Fig. 23.

Fig. 24.

b) **Eck- oder Winkelramme** (Fig. 23), wenig stabil, aber in Ecken enger Baugruben brauchbar, sonst wie a.

c) **Stützenramme.** Läufer nur mit festen Seitenstreben und Vorderschwelle, oder ohne feste Streben und Schwelle, dagegen mit beweglichen Hinterstreben (Fig. 24), oder auch nur mit mindestens 2 Kopftauen gehalten; nur für leichte Rammarbeiten brauchbar, bequem für schräges Einschlagen.

d) Scheerenramme (Fig. 25). Hierbei ist der Läufer zweitheilig, fasst den Bären von 2 Seiten und springt vor dem Gerüst

Fig. 25.

etwas vor, so dass der Bär um soviel tiefer hinabfallen kann, als der Läufer (die Scheere) noch unter die Verschwellung hinabreicht. Kann im Schwellwerk wie a und b konstruirt und nach Fig. 26 ähnlich wie die Stützenramme mit beweglicher Hinterstrebe so eingerichtet werden, dass die Pfähle in beliebiger Neigung damit gerammt werden können.

Fig. 26.

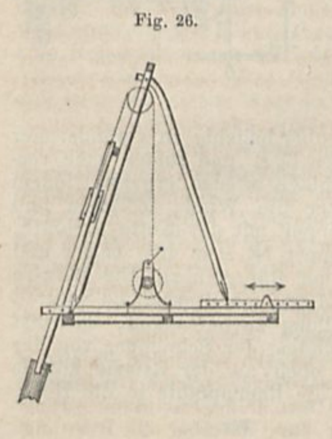
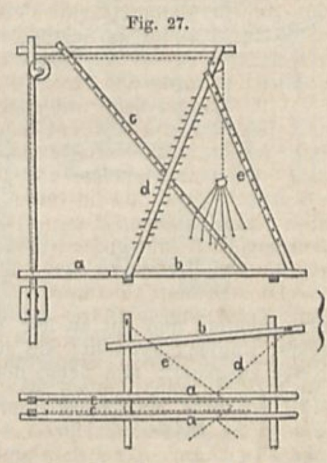
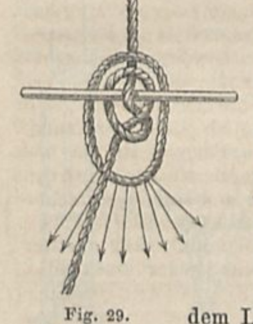


Fig. 27.



e) Pionierramme (Fig. 27), lässt den Läufer oder die auch schräg zu neigende Scheere $2-3^{m}$ vor der zu unterstützenden Querschwelle vorspringen, ist aber wenig stabil und nur im Nothfalle zu gebrauchen.

Fig. 28.



Für die Zugramme sind noch speziell von Bedeutung:

Der Rammbär, $6-12^{Z}$ schwer, von Holz, besser von Gusseisen, mit dem Rammtau, welches über die mindestens $0{,}5^{m}$ grosse Rolle geht, fest verbunden. Vor dem anderen Ende des Taues, dem Schwanz, wird etwa 5^{m} über der Schwelle durch einen Knoten ein Querstock gesteckt und um diesen das Kranztau geschlungen, an welchem die einzelnen, mit Knebel am losen Ende versehenen Zugleinen befestigt sind (Fig. 28). Um die Pfähle an der Ramme aufrichten zu können, sitzt oben auf

Fig. 29.

dem Läufer ein Querholz (der Triebskopf, Fig. 29) mit 2 kleinen Rollen, über welche ein Tau vom Pfahl nach einer an den Hinterstreben befestigten Welle (mit Handspeichen) geht.

Für die Kunstramme sind wesentlich:

Der Rammbär $12-16^{Z}$, von Gusseisen, mittels des Schneppers oder der Katze (Fig. 30) so mit der über die eiserne Rammrolle nach der Winde geführten Kette verbunden, dass der Schnepper ihn in be-

Fig. 30.

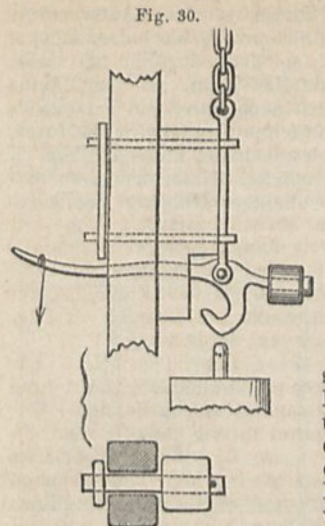
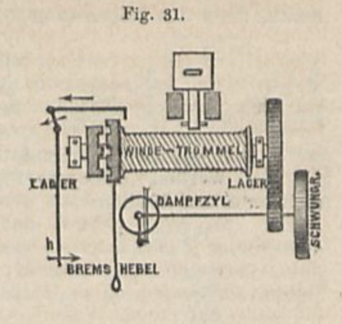
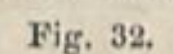


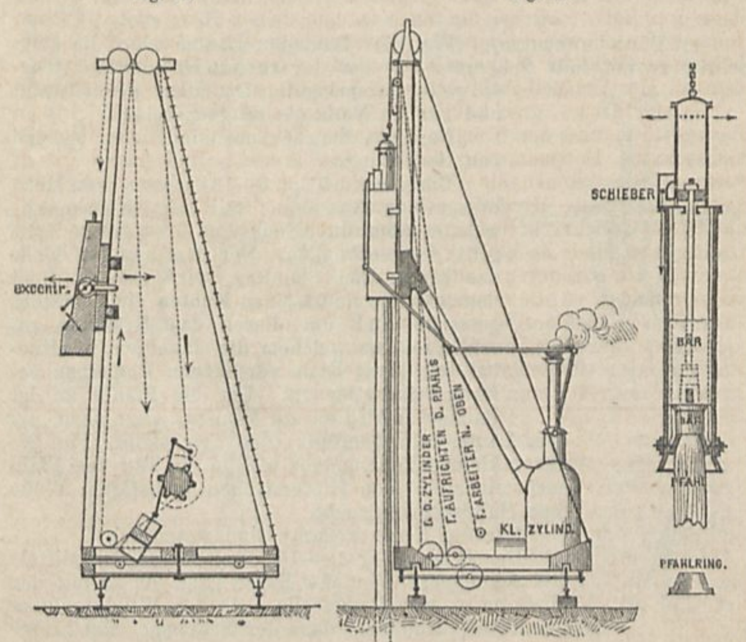
Fig. 31.





stimmter, aber beliebig zu verändernder Höhe fallen lässt und sofort nach verübtem Schlage wieder ergreift, indem die Arbeiter die Winde loslassen und der Schnepper mit der Kette nachfällt. Der Schnepper ist etwa 40k schwer und wird wie der Bär geführt. Die Winde ist für 4 Mann, mit Bremse und Sperrad einzurichten, und gut an der Verschwellung zu befestigen, da sonst leicht Unglück entsteht; sie zieht, nachdem der Schnepper von der Kette ausgehakt und nebst dem Bären oben an der Ramme mittels Durchsteckbolzen aufgehängt ist, auch die Rammpfähle in die Höhe.

Fig. 32. Fig. 33.



Bei den Dampframmen sind 3 Hauptarten zu unterscheiden:

a) Die sog. Dampfkunstramme (Fig. 31). Der Bär mit Schnepper hängt an einer gewöhnlichen Windekette, welche sich auf eine Windetrommel wickelt, die lose auf ihrer Axe sitzt und sich nur dann dreht, wenn der Maschinist die Kuppelung *k* mittels des Hebels *b* schliesst. Eine Bremse zum Anhalten der leeren Trommel wird vom Maschinisten mit dem Fusse regiert. Der Bär wiegt bis 50^{Z}.

b) Sissons & White'sche Ramme (Fig. 32). Der Bär von 20^{Z} Gewicht hat einen durch Federkraft in die Augen einer Gall'schen Kette eingreifenden und in beliebiger Höhe zurückgedrängten Schnepper in sich, die Kette ohne Ende wird durch eine Daumenwelle (bis 400 Umdrehungen pro Minute) beständig getrieben. Ausserdem ist noch eine Kette mit auszurückender Windetrommel für das Aufziehen der Pfähle vorhanden. Das Gerüst ist um einen Mittelzapfen drehbar und kann auf einem Wagengestell verschoben werden.

c) Nasmyth'sche Ramme (Fig. 33). Der 50^{Z} schwere Bär wird in einem am Dampfzylinder hängenden Gehäuse geführt und ist durch eine Kolbenstange mit dem Dampfkolben verbunden. Das Gehäuse umfasst den dafür genau bearbeiteten, mit entsprechend geformtem Pfahlringe versehenen Pfahlkopf, so dass die Schläge sehr gut zentrisch fallen; eine etwas veränderliche Hubhöhe kann gegeben werden, indem der niederfallende Bär den Dampfschieber öffnet. Der Zylinder steht durch ein gelenkiges Dampfrohr mit dem Kessel in Verbindung und hängt an einer während des Schlagens losen Windekette. Eine andere Winde dient zum Heben der Pfähle. Das Gerüst ist auf einem Wagengestell verschieblich. Während bei der eigentlichen Nasmyth'schen Ramme der Dampf bei völlig gehobenem Kolben durch Löcher in der Zylinderwand entweicht, also der Kolben oben im Zylinder nur gegen die komprimirte Luft stösst und dann frei fällt, wird bei der sonst fast gleichen Schwarzkopf'schen Ramme der gebrauchte Dampf in gewöhnlicher Weise durch den Schieberkasten abgeführt und der Kolben durch frischen Dampf hinuntergedrückt. Der Vortheil steht kaum im Verhältniss zum Dampfverbrauch.

Nasmyth'sche und ähnliche Rammen sind wegen des grossen Bärgewichtes und der raschen Folge der Schläge unbedingt die vollkommensten Rammen, für kleinen wie grossen Widerstand gleich geeignet; sie schonen die Hölzer am meisten und drücken sie Anfangs durch das blosse Gewicht des Bären und des Gehäuses ($80-90^{Z}$) durch alle weicheren Bodenarten hindurch. Wegen der nothwendigen Gleisanlage sind sie zwar zu kleinen Rammarbeiten zu umständlich, aber vor allen anderen Rammen auch besonders gut von Schiffen aus zu gebrauchen, da die raschen Schläge keine Schwankung verursachen. In grösseren Häfen sind sie wohl mit besonderen Schiffen verbunden.

Ueber den Betrieb und die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Rammen giebt folgende Tabelle einigen Anhalt, wobei Sandboden und 12 Stunden Arbeitszeit angenommen sind:

Arten der Rammen.	Schläge pro Minute.	Gewicht des Bären in Ztr.	Hubhöhe in Metern	Zahl der Arbeiter	Eingedrungene Pfahllänge pro Tag in Metern.	Anschaffungskosten in Mark.
Zugramme	30	10	1,2—1,5	30	10—15	600
Gew. Kunstramme	½—1	12—16	2—6	5	9—10	900
Dampfkunstramme	3—6	15—16	2—6	3	35—40	3600
Sissons & White'sche R.	9—10	20	2—3	4	25—40	6000
Nasmyth'sche Ramme	75—100	50	0,75—1	5	80—110	27000

Dass einige der obigen Zahlen unter besonderen Umständen anders ausfallen, ist selbstverständlich. Die absoluten Preise eines laufenden Meter eingerammter Pfahllänge richten sich nach Arbeitslöhnen, Kohlenpreisen und Nebenkosten für etwaige Gleise, häufige Reparaturen etc. Von den Dampframmen ist die Sissons & White'sche, selbst nach späteren Verbesserungen durch Easie u. A., besonders leicht Beschädigungen (Lahmwerden des Schneppers) ausgesetzt. Giebt man der Zugramme einen viel schwereren Bären als 10^{Z}, so sind entsprechend mehr Arbeiter nöthig, und die Arbeitsleistung des einzelnen Mannes sinkt; andererseits bleibt für starke und sehr fest zu rammende Pfähle das Bärgewicht und die Hubhöhe zu gering. Man kann für eine grössere Anzahl fest einzuschlagender Pfähle die Kosten der Arbeit mittels Zugramme reichlich 4 mal so hoch als mit der gewöhnlichen Kunstramme, und 6 bis 8 mal so hoch als mit Dampframmen rechnen; erstere sollte deshalb nur noch bei einzelnen oder leichten Pfählen und für schwächere Spundwände gebraucht werden. Ihr einziger Vortheil gegen die Kunstramme besteht in der Schonung der Hölzer durch die schwächeren Schläge und in der rascheren Folge der letzteren, welche Pfahl und Boden in Bewegung erhält.

Da der Effekt des Rammens vom Gewicht des Pfahles und des Bären, der Bodenbeschaffenheit, der schon eingeschlagenen und noch freien Länge des Pfahles, und endlich von der raschen Folge der Schläge abhängt, so ist es weder der Theorie, noch der Empirie bis jetzt gelungen, brauchbare Formeln dafür zu bilden.

Ganz erheblich lässt sich die Wirkung des Rammens unterstützen durch die gleichzeitige Wirkung eines an der Pfahlspitze austretenden Strahles von Druckwasser. Hierzu ist ein etwa 3—5^{zm} weites Druckrohr (oder symmetrisch zwei derselben) seitwärts an dem Pfahl zu befestigen, entweder in einer Nuth oder nur mittels Krampen. Das obere Ende desselben steht durch einen biegsamen Schlauch mit der Druckpumpe in Verbindung. Spundbohlen sind zu gleichem Zwecke nur mit Nuthen zu versehen, welche Anfangs das Druckrohr aufnehmen und später mit besonderen Federn ausgefüllt werden. Die Ersparung ist unter Umständen sehr gross.

Zum Abschneiden von Pfählen oder Spundwänden unter Wasser dienen die sogenannten Grundsägen, sämmtlich mit grossen Zähnen und starker Schränkung. Dieselben werden entweder mittels Gatter und Schlitten hin und her bewegt (Fig. 34), oder als Kreissäge durch Vorgelege, eventuell mit Lokomobilbetrieb gedreht (Fig. 35) oder als Kreissegmentsäge mit blosser Kurbel auf der Axe gedreht (Fig. 36), in beiden letzteren Fällen muss die Axe ho-

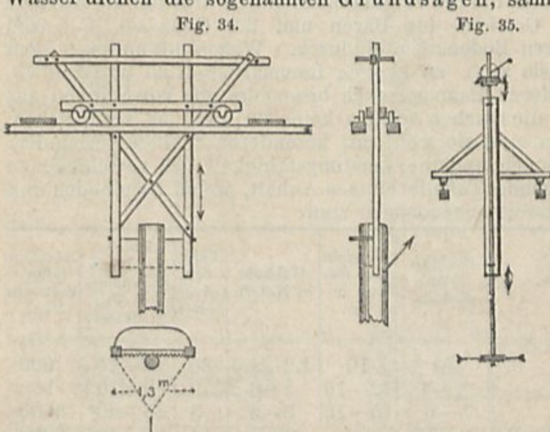


Fig. 34. Fig. 35.

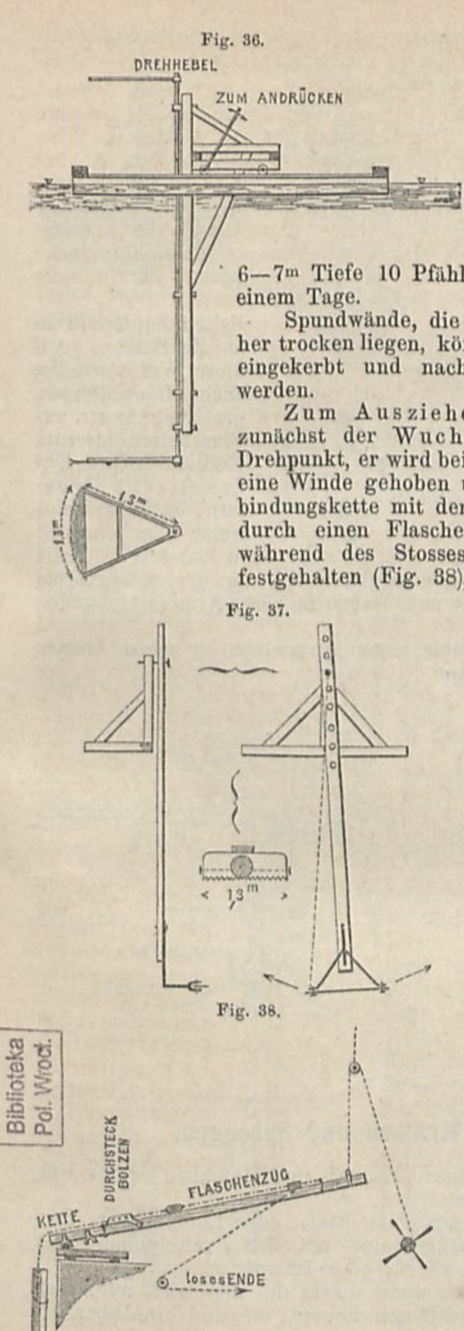


Fig. 36.

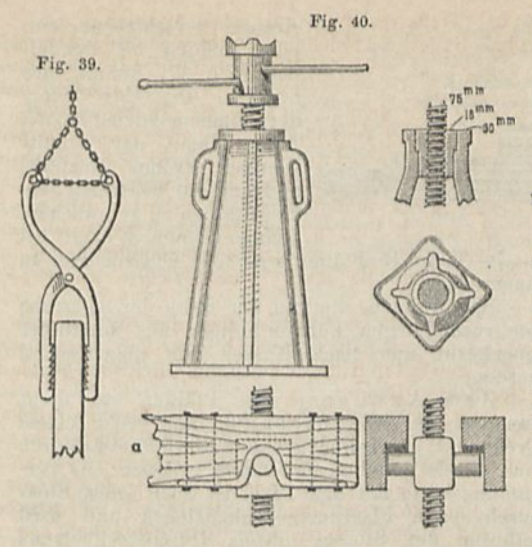
Fig. 37.

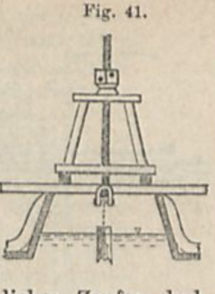
Fig. 38.

rizontal verschiebbar sein, oder endlich als Pendelsäge (Fig. 37) hin und her bewegt. Dieselben erfordern einen möglichst langen Arm, damit der Schnitt weniger krumm ausfällt, und sind nur bei freistehenden Pfählen zu gebrauchen. 4 Mann schneiden damit bei 6—7^{m} Tiefe 10 Pfähle von 30^{zm} Durchmesser in einem Tage.

Spundwände, die von der Seite der Baugrube her trocken liegen, können billiger dort zur Hälfte eingekerbt und nach Aussen hin abgebrochen werden.

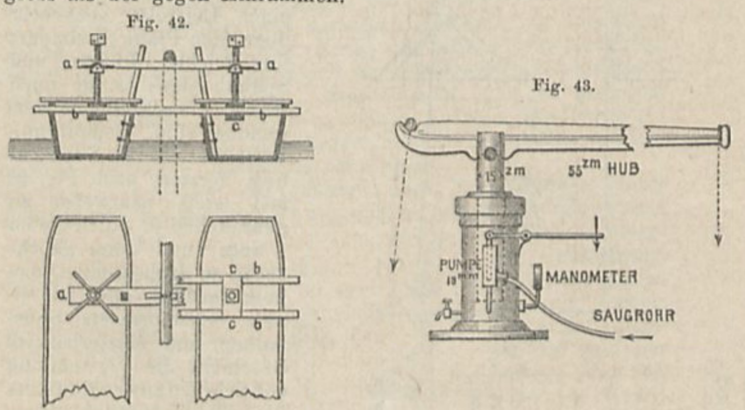
Zum Ausziehen von Pfählen etc. dient zunächst der Wuchtebaum, mit recht festem Drehpunkt, er wird bei grossem Gewicht etwa durch eine Winde gehoben und fallen gelassen; die Verbindungskette mit dem Pfahl ist nach jedem Stoss durch einen Flaschenzug anzuziehen und wird während des Stosses mittels Durchsteckbolzens festgehalten (Fig. 38), gleichzeitig wird der Pfahl durch einen horizontalen Hebel etwas gedreht. Ferner: Gewöhnliche Winden mit Bock und einer Leitrolle senkrecht über dem Pfahl (besonders für leichte Pfähle und Spundbohlen, wofür auch Zangen nach Fig. 39 verwendbar sind. Sodann hölzerne und eiserne Schrauben, letztere nach Fig. 40 fast stets paarweise zu gebrauchen (2 Stück gleich 1 Satz) und dann gleichzeitig zu drehen, mit Querholz darüber, oder mit einem gemeinsamen Spurbalken und Mutterbalken. Geschieht die Verwendung von Schiffen aus, so sind stets 2 Schiffe erforderlich, entweder mit einer einzigen, starken Schraube (Fig. 41), oder aber meist mit einem Satz in jedem Schiffe und gemeinsamen Querbalken über den beiden Mutterbalken (Fig. 42). Damit Schraube und Mutter bei etwaigem Schwanken nicht leiden, sitzt die Mutter mit 2 seit-





lichen Zapfen drehbar im Balken. (Auf diese Weise werden auch Baumstämme, grosse Steine etc. aus Flussbetten entfernt). Endlich kleine hydraulische Pressen, entweder paarweise oder einzeln; in letzterem Falle hat der Kolben einen ungleicharmigen Hebel, an dessen kürzerem Arme die Pfahlkette befestigt und dessen längerer Arm festgebunden wird (Fig. 43).

Der Widerstand der Pfähle gegen Ausziehen ist meist ebenso gross als der gegen Einrammen.



3. Baggern, Kratzen und Sprengen.

Besonders wichtig für Fluss-, Kanal- und Hafenbau, unter Umständen auch für Gründungen.

Das Baggern geschieht mit dem Stiel- oder Löffelbagger, dem Schaufelbagger, dem Eimerbagger und mit der Kreiselpumpe; der Betrieb mit der Hand, durch Pferde oder Dampf.

Die Stielbagger werden meist direkt mit der Hand, nur selten noch mit einer Winde vom Schiff aus bewegt; sie sind brauchbar bei

kleinen Arbeiten, bis zur Tiefe von 2m, und wenn Maschinen nicht anzubringen. Der eiserne Bügel, an welchem das Netz oder der Beutel befestigt wird, ist 40zm weit (Fig. 44), mit verstählter, 10zm breiter Schneide, der Stiel 7zm dick und doppelt so lang als die Wassertiefe. Bei gutem Betriebe stehen die Baggerer in einer Reihe an der Vorderkante eines Flosses (nicht Schiffes), dahinter Schiebkarren zur Aufnahme des Bodens; andere Arbeiter schieben die vollen Karren ans Ufer und bringen die leeren zurück. Grössere Stielbagger bei Kanälen werden wohl mittels Laufrolle wie die Schiebkarre ans Ufer gezogen.

Fig. 44.

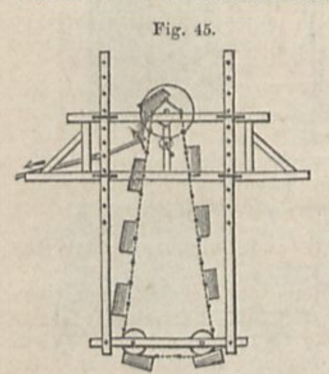


Schaufelbagger, mit Kette ohne Ende, sind nur für Schlamm verwendbar. Die untere Kettenhälfte streicht mit den gefüllten Schaufeln dicht über der geneigten Rinne. Sonst ist die Konstruktion ähnlich wie beim Eimer-Ketten-Bagger.

Eimerbagger, jetzt meist als Eimer-Ketten-Bagger (statt der veralteten Eimer-Rad-Bagger) konstruirt, gestatten die grösste Anwendung. Die Kette ohne Ende, welche entweder senkrecht (Lons'scher Bagger) oder geneigt liegt (ausschliesslich für Flussbau), läuft über 2 Trommeln; die obere derselben treibt und ist daher vierkantig, die untere, sechskantige führt nur. Die Kette ist breit, besser doppelt im Abstand gleich der Eimerbreite. Bei senkrechten Baggern sitzt meist nur auf jedem dritten oder vierten Kettengliede ein Eimer (da sonst die Erde nicht gut aufzufangen), bei geneigten Baggern ein Eimer meist auf jedem zweiten Gliede. Die Glieder sind unten geradlinig (Auflager auf Trommeln und Leitrollen) mit starken, verstählten Augen, die Eimer stets von Blech, mit verstählter und gekrümmter Schneide, vorn weiter als hinten, mit Löchern zum Ablaufen des Wassers; die Breite ist gleich der Länge, (sonst schlechtes Füllen und Entleeren), Höhe etwa ¾ Breite, Inhalt 0,2—0,5 kbm. Anstatt der Eimer werden bei Flussbaggern u. U. einzeln oder ausschliesslich Körbe aus zugespitzten Eisenstäben eingesetzt, um grobes Geschiebe zu baggern. Bei thonigem Boden mit Steinen ist zuvoriges Lossprengen desselben erforderlich.

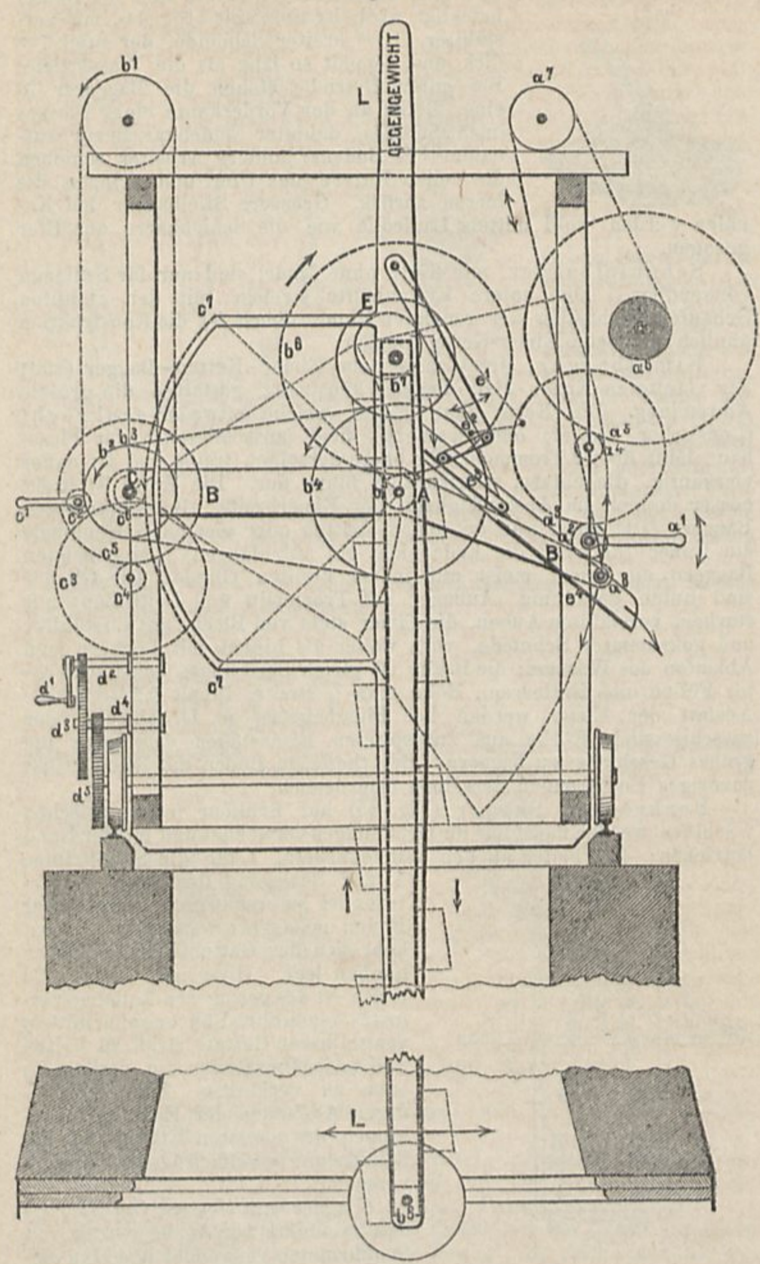
Senkrechte Bagger (Fig. 45) auf Schiffen (oder zwischen 2 Schiffen) werden meist nur für Gründungen verwendet und mit der Hand betrieben: 4 Arbeiter an den Windekurbeln, 1 für die Schuttrinne, 1 zur Bewegung des Schiffes; letzteres ist zu beschweren, wenn fester Boden gebaggert werden soll, sonst hebt sich das Gatter und die Eimer bleiben leer. Diese sind klein, die Kette ist des geringeren Reibungsverlustes wegen ohne Führung aber mittels verstellbaren Gatters straff zu halten und nach Umständen zu verlängern oder zu verkürzen. Zum vollständigen Auffangen der Erde beim Umkippen des obersten Eimers ist die Schuttrinne beweglich oder mit Klappe versehen.

Fig. 45.



Bagger auf festem Gerüst werden besonders zur Ausbaggerung von Senkbrunnen verwendet und sind als-

Fig. 46.


GEGENGEWICHT
L
b1
a7
E
c7
b6
b7
e1
a6
a5
a4
b2
b3
C1
c1
c2
c6
B
b4
b5
A
a3
a2
a1
c5
c3
c4
e4
d1
d2
d3
d4
d5
b5

dann zweckmässig mittels Lokomobile zu treiben (weil rasche Aushebung des Bodens das Sinken fördert). Solche Bagger werden in neuer und ausgezeichneter Konstruktion von Waltjen in Bremen erbaut und sind bereits beim Bau des Sandthorhafens in Hamburg und des neuen Bahnhofs in Harburg mit Erfolg angewandt, wobei das Gatter derselben (von Hand bewegt) während der Arbeit hin und her pendelt und das Gerüst nur nach der Quere auf Rollen zu verschieben ist; die Bewegung der Eimer erfolgt durch eine Lokomobile.

In Fig. 46 dienen: $a^1 - a^8$ zum Heben der Leiter LL, die mit der Axe A zwischen 2 gleichen Balanciers BB hängt, welche sich um die Axe C drehen können;

$b^1 - b^8$ zum Bewegen der Eimerkette, und zwar b^1 von der Lokomobile aus;

$c^1 - c^7$ zum Pendeln der Leiter um die Axe A;

$d^1 - d^5$ zum Fortrollen des ganzen Baggers auf dem Brunnenrande.

E, ist ein Exzentrik, um mit den Hebeln e^1 und e^2 die Klappe e^3 über der Schüttrinne e^4 zu bewegen.

Die mit einander verbundenen Zahnräder c^5 und c^6 sitzen lose auf der Axe C, ebenso die Riemscheiben b^2 und b^3, und ähnlich mit einer gemeinsamen Nabe die Riemscheibe b^4 und das Rad b^5 auf der Axe A.

Bagger mit geneigter Kette, für Fluss- und Hafenbau, werden stets vom Schiffe aus und meist mit Dampf betrieben. Die Eimer sind gross, die obere Kettenhälfte wird durch die sog. Leiter geführt, welche zugleich die obere und untere Trommel trägt und zur Verminderung der Reibung Laufrollen hat, über denen die Kettenglieder laufen. Die Leiter, deren Axe ideell mit der hindurchgehenden Axe der oberen Trommel zusammenfällt (um ein Ausrücken der Zahnräder zu verhüten), und dazu hohl gemacht ist, ist oben in festen Lagern drehbar, unten durch eine Winde (hoch über dem Deck) beliebig zu heben und zu senken, und zwar bei grossen Baggern möglichst rasch durch Einrücken eines Zahnrades mittels Dampfkraft.

Zuweilen erhält ein Bagger 2 Leitern und Ketten; man erreicht dadurch aber nur ungleichmässiges Arbeiten, schwierigeren Betrieb und geringere Leistung, besser ist eine Leiter in der Mitte des Schiffes. Für Kanal- und Hafenbaggerung wird die Leiter mit dem unteren Ende unter dem Schiff und die Ausschüttung am hinteren Ende des letzteren angeordnet; der Betrieb wird dadurch im Ganzen einfacher und billiger, aber es ist mindestens eine Wassertiefe gleich dem Tiefgange des Schiffes nöthig. Für Flussbagger ist es zweckmässiger, die Leiter mit dem unteren Ende vorn vor das Schiff vortreten zu lassen (wie in Fig. 47—49) und die Ausschüttung etwa in der Mitte des Schiffes durch eine quer gelegte Schüttrinne abwechselnd nach der einen oder anderen Seite zu bewirken. Die Schüttrinne erhält oben eine Drehklappe, unten Gelenke zum Unterfahren der Prahme; sie muss zum Gleiten fester Erde um 40—50° geneigt sein (event. ist bei geringerer Neigung Wasser zuzupumpen), daher ist eine hohe Lage der oberen Trommel und eine lange Leiter erforderlich. Man kann mit solchen Baggern aber selbst über Wasser arbeiten, also Sandbänke etc. durchdringen.

Die Leiter wird durch Gleitschienen seitlich geführt und erhält am unteren Ende einen bis über Wasser reichenden Maasstab. Die untere Kettenhälfte hängt lose (bei sehr kleinen Baggern wegen Mangel an Gewicht straff), so dass etwa 2 bis 3 Eimer den Boden berühren. Hängt die Kette zu schlaff, so geschieht die Bewegung ruck- und sprungweise, hängt sie zu straff, so werden die Eimer nicht

Fig. 47. Längenschnitt.

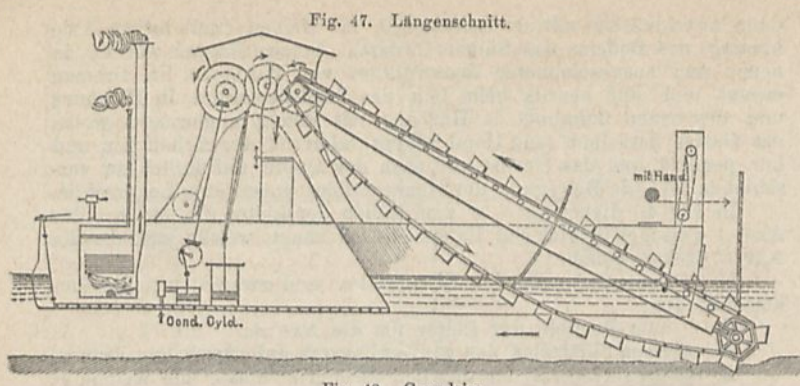


Fig. 48. Grundriss.

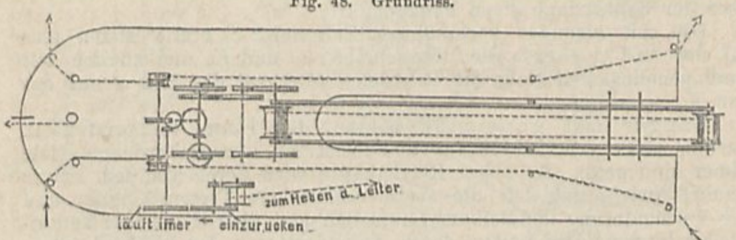
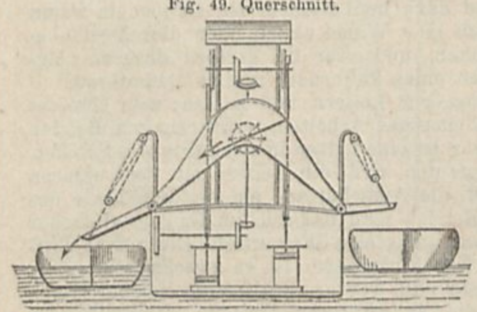


Fig. 49. Querschnitt.



gut gefüllt. Die Geschwindigkeit der Kette ist 0,20—0,25m pro Sekunde; die Uebertragung der Bewegung muss so geschehen, dass nicht zu starke Stösse auf das Triebwerk kommen, deshalb schaltet man entweder Friktionsscheiben oder ein Zahnrad mit Holzkeilen ein, die bei gewissem, zu grossem Widerstand zerstört werden.

Flussbagger müssen flussaufwärts baggern, also zunächst nach oben verankert sein mit langer, durch kleine Flösse unterstützter Kette, die aber erst etwas angewunden wird, sobald der Bagger quer durch die zu durchbaggernde Rinne (Fahrwasser) gegangen ist, dazu nach jeder Seite 2 Querankerketten, welche mittels einer durch Dampf getriebenen Welle (mit 4 Trommeln) abwechselnd auf- oder abgewunden werden. Seitenbewegung 3—4zm pro Sekunde.

Die Leistung guter Dampfbagger ist im Durchschnitt pro Stunde und Pferdekraft 6 kbm bei etwa 5m Tiefe und gemischtem Boden, bei grösserer Tiefe und festem Sande oder Thon weniger. Grosse Bagger haben 40 bis 50 Pferdekraft und bis 11,5m Tiefe der Eimer, selten jedoch mehr als 8m.

Das Baggern mit Kreiselpumpe durch Aufsaugung ist noch wenig erprobt, verspricht jedoch bei weichem Schlamm guten Erfolg.

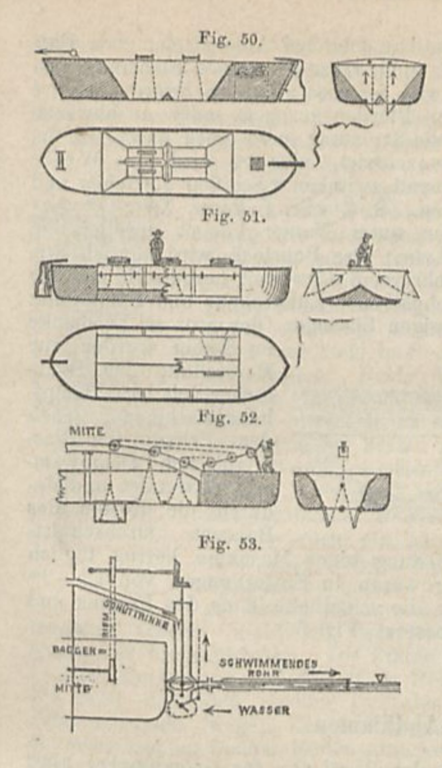


Fig. 50. Fig. 51. Fig. 52. Fig. 53.

Die Fortschaffung der Baggererde geschieht in der Regel durch Prahme: unvortheilhaft, wenn die Erde mit der Hand wieder ausgeworfen oder gar gekarrt wurden muss, weil die Kosten dafür dann ebenso gross werden, als die für das Baggern selbst. Am besten verwendet man Prahme mit Boden- oder Seitenklappen, wozu geneigte Seiten- bezw. Bodenflächen und besondere wasserdichte Lufträume für die Tragfähigkeit des Prahmes vorhanden sein müssen (Fig. 50, 51, 52). Die Prahme sind von Eisen, flach und breit, mit 2 bis 4 Mann, wenn selbstthätig fortzuschaffen; am besten vereinigt man mehre zu einem Zuge, der einem Schleppdampfer angehängt wird; unter Umständen erhalten grosse Prahme eigene Dampfkraft.

Wenn seitliche Ablagerung gestattet ist, wird die Erde zur Vermeidung der Anwendung von Prahmen wohl mittels Kreiselpumpe durch ein gelenkiges Rohr (Fig. 53) oder mit beweglicher Rinne als Kette

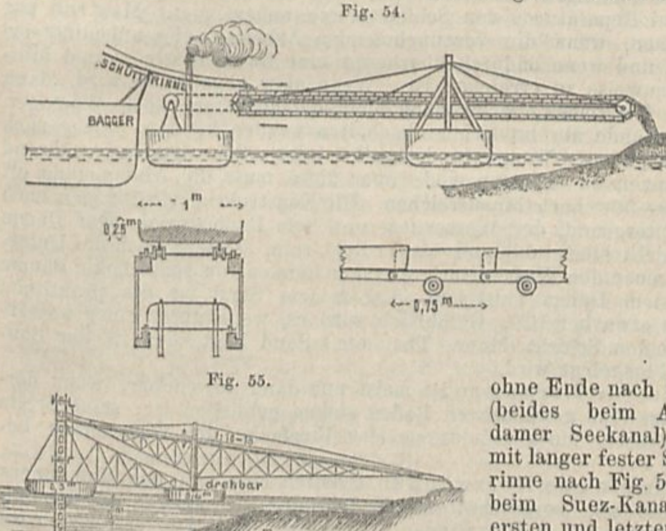


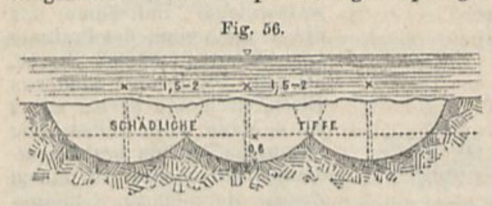
Fig. 54. Fig. 55.

ohne Ende nach Fig. 54 (beides beim Amsterdamer Seekanal), oder mit langer fester Schüttrinne nach Fig. 55 (70m beim Suez-Kanal) im ersten und letzten Falle unter Zusatz von Wasser seitwärts geschafft.

Kratzen ist nur im Flussbau und bei Aussentiefen von Entwässerungs-Sielen gebräuchlich und setzt genügende Strömung voraus, um das losgerissene Material fortzuschaffen. Schwere eiserne Rechen werden entweder von Pferden gezogen, oder an abwärtsfahrende Schiffe gehängt und die Strömung dabei noch durch Tafeln, Segel etc. über dem Boden konzentrirt, oder es wird eine Welle mit Zinken durch ein Wasserrad zwischen 2 Schiffen getrieben und die Schiffe flussaufwärts gezogen. (S. Ztschr. f. Bauw. XV).

Das Sprengen von Felsen unter Wasser kommt zuweilen bei Fluss- und Hafenbaggerungen vor. Das Bohrloch wird ähnlich wie beim Erdbohren mit Meisselbohrern, 5—7^{zm} weit hergestellt und die Sprengung am besten mit Blechpatrone, Zündschnur und Sandbesatz ausgeführt. Bei dem planmässigen Sprengen der grossen Felsbänke im Rhein wurden zur Herstellung der Bohrlöcher seit 1860 Dampfbohrmaschinen (nach dem Prinzip der Nasmyth'schen Dampframme) verwendet und dadurch die Kosten des Bohrens durchschnittlich auf $\frac{1}{10}$ ermässigt; die Leistung einer Maschine betrug täglich fast 2 lfd. Meter. Die Löcher waren in Entfernungen von 1,5—2^{m} angeordnet, gingen 60^{zm} unter die schädliche Tiefe des Felsens und wurden mit 1,0—2,5^{k} Pulver besetzt (Fig. 56).

Fig. 56.



4. Abdämmen.

Abdämmungen werden in der Regel nur für Gründungen, aber auch bei Reparaturen von Schleusen etc. angewendet. Man soll nur abdämmen, wenn die vorzunehmenden Arbeiten dies unbedingt erfordern und wenn dadurch überhaupt eine zweckmässigere und billigere Bauweise zu erreichen ist. Wenn aber abgedämmt wird, dann müssen fast immer, wenn auch nicht die höchsten, doch diejenigen Wasserstände absolut sicher abgehalten werden können, welche nach den vorhandenen Wasserstandstabellen oder erfahrungsmässig während der Bauzeit zu erwarten sind; über diese muss die Abdämmung oft noch 30—50^{zm} hoch hinausreichen. Die Konstruktion richtet sich nach dem Untergrund, der Wassertiefe und dem Baumaterial. Der Damm muss nicht blos stabil und wasserdicht sein, sondern auch der Untergrund muss den Wasserdruck ertragen können, da sonst hohle Räume unter dem Damm entstehen. Bei reinem Sand ist die praktische Grenze etwa bei 10^{m}. Gefährlich wird es, wenn unter einer wasserabhaltenden Schicht (Moor, Thon etc.) Sand liegt, der in der Baugrube blosgelegt wird.

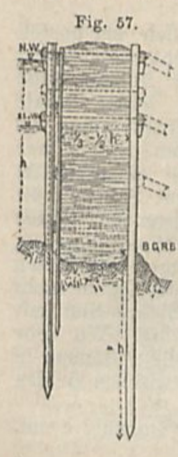
Blosser Erddamm ist meist nur dann anwendbar, wenn derselbe aus dem gewachsenen Boden stehen geblieben ist; seine Breite an der Basis muss mindestens das Vierfache der Wasserhöhe betragen.

Dämme aus Holzwänden erhalten entweder nur eine innere Holzwand mit vorgeschütteter Erde, oder sie werden als Kastenfangedämme mit 2 Holzwänden konstruirt. Bei den ersteren wird die Holzwand senkrecht aufgeführt und event. durch Schrägpfähle

abgesteift. Schräge Wände mit entgegenstehenden Schrägpfählen erfordern grosse Breite und sind bei gleicher Stärke kostspieliger.

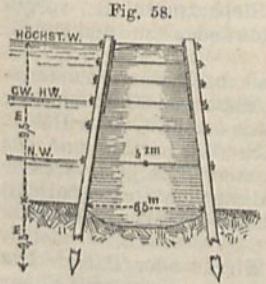
Bei Kastenfangedämmen sind die beiden Holzwände nur bei thonigem und sonstigem dichten Untergrund gleich zu konstruiren, bei Sand etc. dagegen und bei grosser Wassertiefe (schon von 2^m an) empfiehlt sich eine unsymmetrische Anordnung nach Fig. 57. Die äussere Wand dient vorzugsweise zum Schutz des Füllmaterials gegen Wellen und Strömung, die innere dagegen als Hauptstütze des ganzen Dammes, muss deshalb möglichst wasserdicht sein und zugleich spundwandartig so tief in den Untergrund hineinreichen, dass Wasseradern in demselben nicht entstehen können. Hierfür ist bei reinem Sand eine Tiefe im Boden etwa gleich der Wassertiefe erforderlich. Beide Wände sind aber zur gegenseitigen Unterstützung und um eine dichte Ausfüllung bewirken zu können, fest untereinander zu verbinden, am besten mehrmals der Höhe nach bis zum Niveau des niedrigen Aussenwassers mit eisernen Ankern, oben etwa mit hölzernen Zangen, selbst u. U. mit vertikalen Andreaskreuzen. An hohen Dämmen ist ausserdem ein Längenverband und selbst in verschiedener Höhe nöthig, um schwächere Stellen des Dammes zu halten und Bewegungen zu vermeiden, am besten mit aussen liegenden, durch Knaggen getragenen Gurten (nicht mit verzapften Holmen), durch welche die Queranker hindurchgehen. Die Pfähle für die Aussenwand stehen in $1-1{,}5^m$ Entfernung und so tief im Boden als darüber; auf der inneren Seite derselben werden Leitrahmen aus 2 bis 4 horizontalen dünnen Gurten (wegen des Aufhängens der Erde nicht doppelt zu nehmen) und an beiden Enden eine vertikale Latte, die nach aussen kommt, befestigt, gegen die Leitgurten vertikale Bretter gestellt und mit der Handramme etwas in den Boden getrieben. Die Binnenwand besteht aus starken, event. gespundeten Bohlen oder Pfosten und ist nach innen wohl durch Verstrebung mit Schrägpfählen oder Spreizen zu verstärken.

Fig. 57.



Bei sehr hohem Wasserdruck wird auch die äussere Wand aus starken und tief in den Boden reichenden Pfosten gebildet (Fig. 58), sowie innen noch eine dritte Holzwand, ebenfalls spundwandartig, aber niedriger (etwa bis zur halben Wasserhöhe) erst nach theilweisem Ausschöpfen der Baugrube geschlagen. Bei mässigem Wasserdruck genügt u. U. (bei Mangel an Platz etc.) wohl eine einfache Pfosten- oder Spundwand, die jedoch besonders sorgfältig geschlagen sein muss und von innen nachträglich gedichtet und abgesteift wird. Die innere Wand wird, wenn dadurch eine erhebliche Ersparung erzielt werden kann, wohl so nahe an das Bauwerk gestellt, dass sie demnächst als Spundwand für dasselbe dient, sonst bleibt man besser 1^m von diesem ab, wodurch man Platz zum Wasserschöpfen, zur Verstärkung des Dammes und überhaupt zum bequemeren Arbeiten erhält.

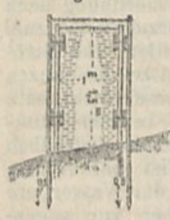
Fig. 58.



Ist der Boden sehr steinig oder felsig, so bildet man die Ab-

dämmung aus geschütteten Steinen mit einer Sand- oder Thonlage nach aussen, oder man ersetzt bei geringer Tiefe die Pfähle durch eiserne Stangen in vorgebohrten Löchern. Die Verkleidung geschieht durch vertikale Bohlen, welche so fest eingeschlagen werden, bis sie sich den Unebenheiten des Bodens etwas anpassen. (Fig. 59).

Fig 59.



Zur inneren Ausfüllung eignet sich am besten frischer Klai, weil dieser absolut dicht hält, sonst ein aus Thon oder Sand gemischter Boden; Sand allein ist zu undicht, Thon aber bildet hohle Räume. Die Erde muss, um möglichst wenig im Wasser aufzuweichen, rasch von den Enden her (nicht in ganzer Länge des Dammes) eingeschüttet und später stark nachgestampft werden; Schlamm ist vorher zu entfernen. Bei lange dauernden Bauten und festem Untergrund wendet man wohl Beton zur Ausfüllung an. Bei Anschlüssen an altes Bauwerk ist aussen ein Erdkegel zu schütten und dieser event. gegen Abspülen zu sichern. Reicht der Damm nicht bis zum Niveau des höchsten Wassers, so ist ein Einlass-Siel mit Schütz zum rechtzeitigen Füllen der Baugrube nöthig. Wo sehr loser Untergrund und hoher Wasserdruck, werden wohl 2 Dämme in gewisser Entfernung hintereinander aufgeführt und zwischen beiden ein mittlerer Wasserstand erhalten.

Zweckmässig ist die Anlage eines Weges auf dem Damme, event. mit Schienengleisen zum Transport von Material etc.

5. Das Wasserschöpfen

kommt hier zunächst nur für Gründungen und Kanalbau etc. in Betracht; für künstliche Entwässerung von Ländereien s. w. u.

Die gesammte Arbeit resultirt aus der Wassermenge und der Hubhöhe. Die erstere ist abhängig von der Grundfläche, der Bodenart und dem Wasserdruck, deshalb, wenn thunlich, durch Einschränkung oder stückweise Aushebung der Baugrube, oder durch Senkung des Aussenwassers zu verkleinern. Der tiefste Stand des Binnenwassers ist durch die nöthigen Arbeiten und etwaiges Gefälle nach dem sog. Sumpf gegeben. Dieser ist in günstiger Lage und so anzulegen, dass später event. Reservemaschinen aufgestellt, Reparaturen etc. vorgenommen werden können. Er ist mit Spundwänden zu umkleiden, falls die Ufer leicht einrutschen.

Die Hubhöhe ist meist veränderlich, und nach derselben thunlichst die Schöpfmaschinen einzurichten; wo Ebbe und Fluth eintritt, eignet sich etwa die Anlage eines Zwischen-Bassins mit Siel oder Heber.

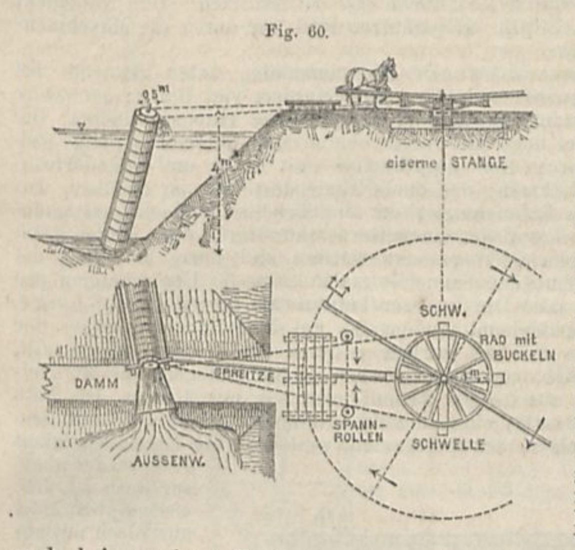
Die Wahl der Maschinen richtet sich nach dem Umfang und der Dauer des Wasserschöpfens, der Art des Wassers (fast jedes Wasser aus einer Baugrube ist sandhaltig und mit Holzstücken etc. vermischt) und der Belegenheit des Platzes, an welchem die Maschinentheile leicht oder schwer zu repariren sind.

Der Betrieb geschieht durch Menschen, Pferde oder Dampf. Die erstere Art ist nur bei geringfügigen Wassermengen, die mittels Eimer oder Handpumpe bewältigt werden können, und bei kurzer Dauer der Bauausführung von Nutzen; an etwas grösseren Maschinen leisten 16 Mann nicht mehr als ein Pferd, weil es weder möglich ist, Akkordarbeit einzurichten, noch sichere Kontrolle zu handhaben. Die Verwendung von Pferden am Göpel ist in denjenigen Fällen besonders

geeignet, wo die Schöpfstelle oft wechselt (wie beim Kanalbau) und Lokomobilen zu schwer zu transportiren sind. Eine vortheilhafte Art der Anwendung zeigt Fig. 60.

In allen übrigen Fällen wendet man Dampfkraft an, bei langer Dauer feste Maschinen, welche event. mit Torf und Holz ganz oder theilweise geheizt werden können, falls Steinkohlen zu theuer sind. Die Uebertragung der Kraft, welche so eingerichtet werden muss, dass sich eine passende Geschwindigkeit sowohl für die Kraft- als für die Arbeitsmaschinen ergiebt, erfolgt fast stets durch Riemen; dieselben sind bequem und bieten die grösste Sicherheit, sowohl gegen Erschütterungen und plötzliche übermässige Widerstände, als auch bei etwaigem Versacken des Bodens. Auf letzteren Umstand ist bei langer Dauer stets zu rechnen und deshalb eine gute Fundirung der Maschinen erforderlich.

Fig. 60.



Die zu bewältigende Wassermenge ist vorher nach ähnlichen Fällen zu taxiren und die Kraft der Maschinen etc. darnach — lieber zu reichlich als zu gering — zu bemessen.

Die **Schöpfmaschinen** sind in sehr zahlreichen Konstruktionen vorhanden, von denen jedoch viele veraltet sind. Hierher gehören: Die **Schwungschaufel** und das gewöhnliche **Wurfrad**, beide gestatten nur geringe Hubhöhe bei geringem Effekt; die **Eimerkette** ist allenfalls bei grossem Hub noch brauchbar, weil dabei am wenigsten Verlust entsteht, aber theuer und umständlich; **Eimerräder**, verlorener Hub und konstante Hubhöhe; **Wipptrog** und **Schneckenrad**, ebenfalls mit konstantem Hub, umständlich für grössere Höhe; die **Wasserschraube** (mit festliegendem Trog) ist nur für geringen Hub verwendbar und bedingt viel Verlust; das **geneigte Schaufelwerk** ist umständlich bei denselben Nachtheilen; die **Kettenpumpe**, allenfalls für kleine Dimensionen, mässigen Hub und auf kurze Zeit verwendbar, die Abnutzung der Lederscheiben durch Sand und der alsdann entstehende Spielraum ist nur durch grosse Geschwindigkeit unschädlich zu machen; **Heber**, nur sekundär zu brauchen; **Wassersäulenmaschinen** und **hydraulische Widder** sind fast nie anwendbar und theuer oder unsicher.

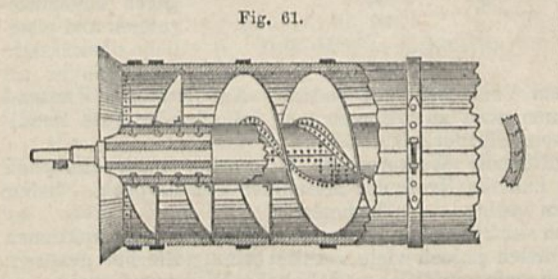
Vorzüglich in Betracht kommen nur:

1) Die sog. **Kreisel- oder Zentrifugal-Pumpen** mit horizontal oder senkrecht liegender Kreiselaxe. Dieselben sind fertig aus der Maschinen-Fabrik zu beziehen, dauerhaft, nehmen wenig

Raum ein und sind für kleine oder grosse Wassermengen oder Hubhöhen brauchbar; die letztere kann durch Ausguss unter Wasser oder Anbringung eines verschieblichen Theils beliebig geändert werden. Das Saugrohr ist (wenn der Kreisel nicht offen im Unterwasser hängt, wie bei Entwässerungen) nach Bedürfniss zu verlängern und gegen Beschädigungen durch Holzstücke etc. zu schützen. Der Nutzeffekt beträgt etwa 65—75 pZt. Reparaturen sind nur durch die Maschinen-Fabrik ausführbar.

2) Die Wasserschnecke (Tonnenmühle), unter etwa 33° bei dauerndem Gebrauch geneigt liegend, erfordert viel Raum; der obere Ausguss ist konstant, weshalb u. U. verlorener Hub stattfindet. Die Schneckentrommel liegt mit ihrem oberen und unteren Zapfen, welcher letztere durch eine Stopfbüchse (mit Linse und Schmierloch) geht, in einem Rahmen; das obere Ende desselben ist drehbar, wobei die Axe des Rahmens mit der der Triebwelle ideell zusammenfällt; das untere kann von einem Gerüst aus durch eine Winde nach Bedürfniss gehoben oder gesenkt werden und muss bis über die Spindel eintauchen. Die Schnecke macht 20 — 30 Umdrehungen pro Minute. Der äussere Durchmesser beträgt am besten $\frac{1}{10}$ der Länge, die Dicke der Spindel mindestens $\frac{2}{10}$ des Manteldurchmessers; der Mantel wird aus 5 — 8^{zm} starken gespundeten Brettern hergestellt, die Schneckengänge, von denen 3 über einander liegen, mit 30° Neigung am Mantel, aus 2—3^{zm} dicken Brettchen, mit 2 bezw. 1^{zm} Falz in Spindel und Mantel; oben und unten sind dieselben wohl mit dem Ringzapfen aus einem Stück gegossen, weil dort die Brettchen leicht lose werden; besser noch ist eine eiserne Spindel aus Blech mit angenieteten Gängen (Fig. 61, vergl. Ztschr. f. Bauw. III). Um den Mantel werden in etwa 50^{zm} Abstand Schraubenzwingen gelegt, die häufig nachzuziehen sind.

Fig. 61.



Lange Schrauben (von über 8^{m}) biegen sich beim Schöpfen zu sehr durch, wodurch eine schnelle innere Abnutzung verursacht wird; man unterstützt dieselben in der Mitte durch Rollen, denen ein glatter Ring auf der äusseren Mantelfläche entspricht, oder versteift sie durch Zugstangen (mit Stern in der Mitte). Die erstere Methode bedingt Kraftverlust, die letztere ist wenig wirksam und umständlich; es sind daher so lange Schnecken nicht zu empfehlen. Kleinere dagegen (bis 8^{m}) sind dauerhaft (besonders wenn sie theilweise aus Eisen konstruirt sind), bequem aufzustellen und zu treiben und liefern grossen Nutzeffekt. Die Schnecken können, mit Ausnahme der Zapfen und Lager, auf der Baustelle angefertigt und reparirt werden.

3) Die Pumpen (nur Saugpumpen) sind billig und nehmen wenig Raum ein; ihr oberer Ausguss ist beliebig zu ändern. Sie werden zweckmässig paarweise durch einen gemeinsamen Balancier getrieben, auch so, dass nach Fig. 62 zwei Pumpen einen gemeinsamen Ausguss und einen Verbindungskanal haben, wodurch die Bodenventile vermieden werden. Die Ventile stets möglichst gross, mindestens = $\frac{1}{2}$

Fig. 62.

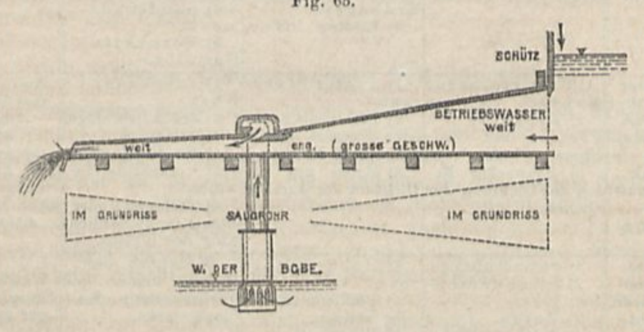
des Zylinders, die Geschwindigkeit des Kolbens klein, 15—30^{zm}, der Hub möglichst gross. Für die auf dem Bauplatze anzufertigenden (unvollkommeneren) Bohlenpumpen sind die Kolben entweder sog. Zylinder-Kolben mit 1 oder 2 Ventilklappen und ringförmiger Liderung (Fig. 63) oder sog. Trichter-Kolben (vierseitige Pyramide von Gusseisen mit Löchern und Lederklappen, (Fig. 64). Der Nutzeffekt guter Pumpen beträgt 80—90 pZt.; bei unreinem Wasser findet jedoch viel Verlust und rasche Abnutzung statt.

4) Die Nagel'sche Wasserstrahlpumpe, Fig. 65, (von Nagel in Hamburg konstruirt) ist noch wenig bekannt und angewandt. Sie setzt voraus, dass neben der auszuschöpfenden Baugrube ein aufgestautes Wasser disponibel ist, durch dessen Ausfliessen durch ein anfangs weites, in der Mitte enges, am Ende wieder weites Rohr (aus Brettern) das Wasser eines in die Baugrube tauchenden, mit jener engen Mitte verbundenen Rohres aufgesogen wird. Die Saughöhe kann grösser als das Gefälle sein. Der Nutzeffekt beträgt höchstens 0,18 pZt. Unter Umständen ist dies die billigste Wasserhebung.

Fig. 64.

Fig. 63.

Fig. 65.



6. Das Tauchen.

Bei manchen Gründungen ohne Wasserschöpfen und mancherlei Reparaturen, namentlich im Hafenbau, ist das Tauchen nicht zu entbehren.

Die Taucherglocke, an besonderem Schiff oder Gerüst hängend, schwer von Gusseisen konstruirt, bietet Platz für 4—6 Arbeiter, die über Wasser einsteigen und denen frische Luft von einer Luftdruckpumpe her durch einen Schlauch zugeleitet wird. Jetzt wird die Taucherglocke wenig mehr angewandt, nachdem es gelungen ist, gute

Taucheranzüge (Skaphander) für einzelne Arbeiter herzustellen, wodurch denselben fast beliebige Bewegung unter Wasser gestattet ist. Das beste System ist das von Rouquayrol-Denayroux (u. A. von der Königsberger Maschinen-Aktien-Gesellschaft Vulkan angefertigt), wobei der Taucher einen wasserdichten Anzug und auf dem Rücken einen Regulator trägt, in welchem der Druck der von der Luftpumpe in beliebigen Mengen zugeführten Luft der jedesmaligen Wassertiefe entsprechend regulirt wird Der Kopf ist mit einem Helm bedeckt, wenn der Taucher nach oben sehen muss, mit einer Maske, wenn er Arbeiten am Boden zu verrichten hat.

II. Der Grundbau.

Die Wahl der Gründungsart ist abhängig von der Art des Gebäudes, (Eigen-Gewicht desselben, ob ruhende, wechselnde und stossende Belastung), den verschiedenen Ansprüchen auf dauernde Erhaltung (z. B. Monumentalbau oder Güterschuppen), von dem Untergrund, vom Wasser (ob Grundwasser, offenes, fliessendes und wellenschlagendes Wasser), von den disponiblen Baumaterialien und Hülfsmitteln, und endlich von der Zeit.

Zur leichteren Uebersicht diene folgendes Schema, in welchem die jedesmal wichtigeren Gründungsarten hervorgehoben sind:

	Boden in der Oberfläche fest.	Boden in erreichbarer Tiefe fest.	Boden nicht in erreichbarer Tiefe fest.	Bemerkungen.
Wasser nicht vorhanden.	Unmittelbares Mauern in der Oberfläche.	1) **Aufgraben bis fester Boden und volles Mwrk.** 2) **dsgl. und einzelne Pfeiler mit Erdbögen.** 3) Eiserne Pfähle.	1) **Verbreiterung des Mwks.** 2) Breite Betonlage. 3) Trockene Steinpackung. 4) **Sandfundament.** 5) **Verkehrte Gewölbe.**	Kein Holz zu verwenden.
Wasser vorhanden als Grundw. oder offenes W., aber auszuschöpfen.	1) **Unmittelbares Mauern.** 2) **Einzelne Pfeiler** mit Erdbögen. 3) Schwacher Beton zur Dichtung der Quellen.	1) **Tiefer Pfahlrost.** 2) Pfähle mit Beton oder Steinen dazwischen und darüber. 3) Beton nur zur Dichtung der Quellen.	1) **Liegender Rost.** 2) Breite Betonlage. 3) Steinpackung. 4) Sandfundament. 5) Verkehrtes Gewölbe. 6) Pfahlrost oder Pfähle zur Verdichtung des Bodens.	Holz unter Wasser zulässig. Wasserschöpfen ev. mit Abdämmung. Genaue Arbeit möglich.
Wasser vorhanden aber nicht auszuschöpfen	1) Steinschüttung. 2) **Steinversenkung.** 3) **Beton.** 4) Caisson direkt auf Boden. 5) **Eiserne Pfähle.**	1) **Hoher Pfahlrost.** 2) Pfähle mit Beton oder Steinen. 3) **Eiserne Pfähle.** 4) Steinschüttung. } mit 5) Steinversenkung. } Baggerung 6) **Beton.** } vorher. 7) Caisson auf Pfählen. 8) **Senkbrunnen von Holz, Stein und Eisen.** 9) **Pneumatische Gründung.**	Belastung des Bodens umher und Verbreiterung des Mauerwerks.	Holz unter Wasser zulässig. Weniger genaue Arbeit, wenn nicht mit Tauchen.

Allgemeine Regeln.

Als feste Bodenarten gelten: Fels, Trümmergestein (mit Vorsicht, weil ein Abgleiten möglich), Gerölle, Kies und Sand; letzterer jedoch nur, wenn er fest gelagert, ohne thonige und humose Theile ist, und wenn er nicht künstlich (durch Wasserschöpfen), oder natürlich (durch die Nähe von Stauanlagen) durch Aufhebung des Gleichgewichts im Wasser zu sogenanntem Triebsand gemacht und erhalten wird*). Fester Sand verträgt 75—100 T Druck auf 1 □m. Vorsicht ist aber nöthig, wenn die Drucklinie an der Kante des Bauwerks liegt, bei Widerlagern gewölbter Gebäude, bei Ufermauern, wo event. eine Verbreiterung des Fundaments erforderlich wird.

Als nicht fest, aber durch Vertheilung des Drucks tragfähig zu machen, gelten gemischter Sand, Lehm und Thon, deren Tragfähigkeit daher erst zu erproben ist. (Bei gleichem Gewicht auf die Quadrateinheit sinkt ein grosser Körper leichter ein als ein kleiner, weil jener einen geringeren seitlichen Gegendruck der Erde erfährt).

Allgemein zu fordern ist, dass kein Setzen oder wenigstens ein gleichmässiges Setzen des Bauwerks eintritt; auch im Laufe der Zeit soll keine schädliche Aenderung des Grundes oder des Fundamentes eintreten (deshalb Spundwände!). Nur bei absolut festem Grund ist eine ungleiche Belastung desselben zulässig, bei nicht festem Boden muss die Belastung gleichmässig sein und nicht über die relative Tragfähigkeit des Bodens hinausgehen.

Bei schrägem Druck wird die Tragfähigkeit nach der Richtung des Drucks beansprucht; am besten ist es daher, die Unterfläche des Fundaments rechtwinklig gegen die Druckrichtung anzuordnen. Ist ein gleichmässiges Setzen nicht zu erwarten, so empfiehlt sich eine Trennung der einzelnen Hauptheile des Baues, oder mit Vorsicht gegenseitige Verankerung.

Relativ tragfähiger Boden wird mit zunehmender Tiefe sicherer, jedoch sind festere Schichten nicht ohne Noth zu durchdringen, wenn weichere darunter folgen.

Kurze Beschreibung einzelner Gründungsarten.

1) **Unmittelbares Mauern** in ganzer Grundfläche. Beim Wasserschöpfen muss Vorsicht gebraucht werden, um eine Auflockerung des Bodens zu verhüten. Bei hohem Mauerwerk und besonders bei schrägem Druck ist es nöthig, die Fundamente aus harten Steinen herzustellen, da gewöhnliche Backsteine oft nicht ausreichen.

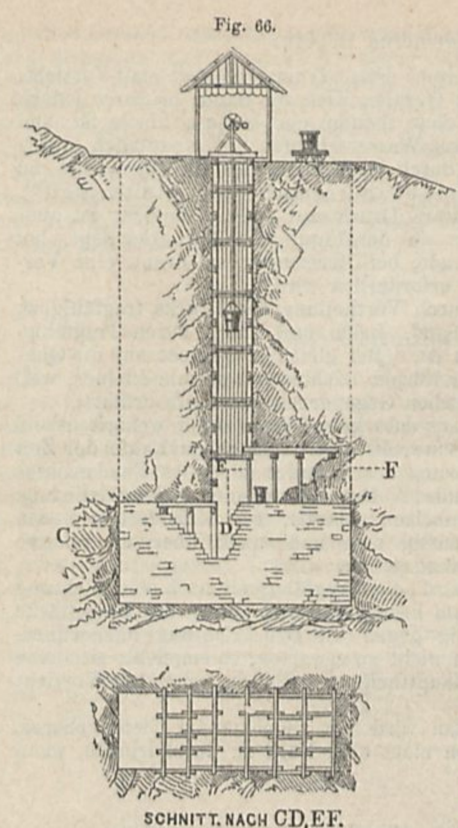
Dickes und tiefes Mauerwerk erfordert, auch wenn dasselbe nicht im Wasser aufgeführt wird, die Verwendung hydraulischen Mörtels, weil Luftmörtel im Innern nicht genügend hart wird.

Die Fundamente müssen mindestens in einer Tiefe begonnen werden, in welche der Frost nicht mehr eindringt, also je nach der Gegend 1—1,5m. Die Sohle ist bei abhängendem Felsboden (selten bei anderem) horizontal oder rechtwinklig zur Drucklinie abzutreppen. Bei Abhängen von angeschwemmtem Boden darf die Linie von der Sohle des Fundaments bis zum Fuss des Abhanges nicht über 20° gegen den Horizont geneigt sein. Meist ist die Baugrube offen, bei tiefen Pfeilern wird wohl ein Schacht mit bergmännischem Ausbau angelegt (Fig. 66).

---

*) Aller Sand kann Triebsand werden, der feine am leichtesten; sowie Triebsand nach hergestelltem Gleichgewicht und genügender Belastung wieder fest wird.

Fig. 66.



SCHNITT. NACH CD, EF.

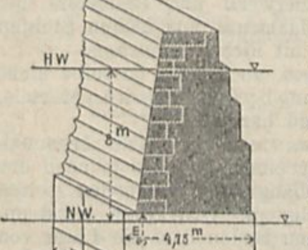
2) **Pfeiler mit Erdbögen** werden meist nur bei Hochbauten verwendet, um an Erdarbeit, event. auch an Wasserschöpfen und Mauerwerk zu sparen. Der Boden muss besonders fest sein; die Pfeiler werden nach der Fenstertheilung angelegt und unten verbreitert, die Eckpfeiler besonders stark genommen; die Ausführung sonst wie vorher.

3) **Trockene Steinpackung** ist meist nur für unwichtigere Gebäude zulässig, bei denen Mörtel und Arbeit gespart werden sollen. Bei grossen Steinen ist lagerhaftes Versetzen erforderlich, kleine werden festgestampft. Der Druck vertheilt sich etwa unter 45°, mit Rücksicht hierauf sind die Bankette möglichst breit anzulegen.

4) **Steinversenkung** wird im offenen Wasser angewendet, wo Abdämmung und Wasserschöpfen zu umständlich sind, besonders bei der Anlage von Kais und Molen.

Weicher Boden ist vorher wegzubaggern, unebener Felsboden durch Schüttung kleiner Steine (event. mit Taucher-Hülfe) auszuebnen. Die Blöcke werden möglichst gross (z. B. im Hafen zu Brest, Fig. 67, bis zu 45 kb^{m}) genommen und meist künstlich hergestellt, weil natürliche Steine dieses Umfangs zu theuer würden. Sie werden versehen mit 4 seitlichen Schlitzen für die Ketten, oder mit 4 senkrechten, ganz durchgehenden länglichen Löchern zur Aufnahme der Ankerstangen beim Versetzen; letztere werden durch Drehung um 90° wieder entfernt.

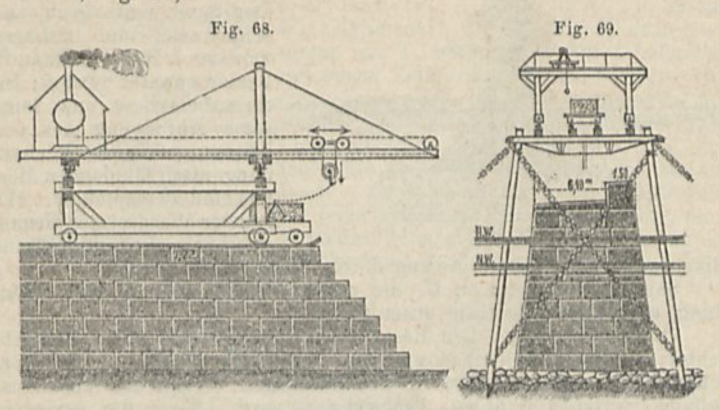
Fig. 67.



Das Versetzen geschieht mittels schwimmender Krahne (Suez), oder mit eigenen Schiffen, unter welche die Blöcke bei Hochwasser gehängt werden (Brest), oder von Gerüsten aus (Holyhead, Amsterdamer Seekanal, Fig. 68; bei letzterem wurde das Gerüst aber durch

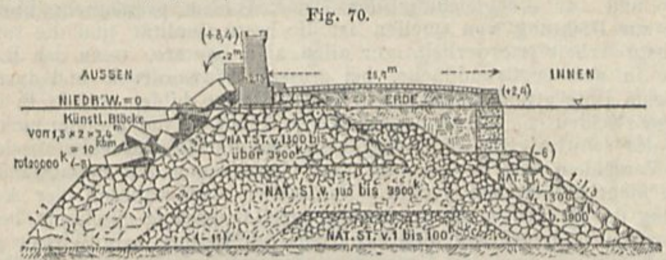
Sturm zerstört), endlich mittels verschiebbaren Krahns (Amsterdamer Seekanal, Fig. 69).

Fig. 68. Fig. 69.



5) **Steinschüttung**, im offenen Wasser, besonders für die Fundirung von Molen und Kais. Die Dossirung wird etwa einfach, aber mit eingeschalteten Banketts angelegt; die grössesten Steine kommen auf die Aussenseite (Fig. 70, Hafen zu Marseille).

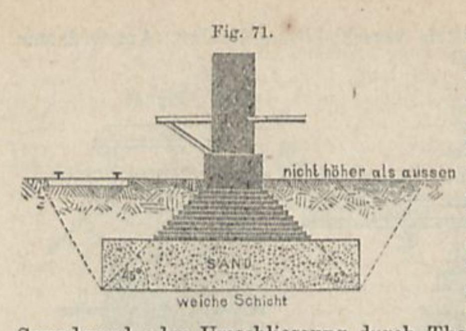
Fig. 70.



Steinschüttungen am Meere sinken in Sanduntergrund in Folge des Wellenschlages ein und werden bei geringer Tiefe nie fest; auch an Flüssen veranlasst die Strömung anfangs ein Einsinken, die Lagerung wird aber später fest, wenn nicht etwa Unterwaschungen eintreten. Für die meisten Bauwerke sind Steinschüttungen wenig brauchbar.

6) **Sandfundament** ist nur in der Baugrube (ohne Abdämmung), nicht in offenem Wasser, besonders für leichtere Hochbauten (Schuppen etc.) über oder unter dem Grundwasser zu brauchen; es ist nicht durch Wasserschöpfen aufzulockern, kann aber durch Begiessen mit Wasser und rasches Ableiten oder Ausschöpfen desselben aus einem tiefer liegenden Sumpf tragfähiger gemacht werden. Es dient nur als Verbreiterung über pressbarem Boden (bei festem Boden ist direktes Mauern vorzuziehen), überträgt den Druck etwa unter 45° und muss also so dick sein, dass der Untergrund nicht über die relative Tragfähigkeit belastet ist. Besonders schwache Stellen des Untergrundes oder schwere Stellen des Gebäudes werden dadurch ausgeglichen. Sandfundamente müssen grössere Breite erhalten als das Mauerwerk in der Berührungsfläche besitzt, auch ist eine seitliche Belastung neben dem Gebäude nützlich (Fig. 71). Die Ecken

Fig. 71.



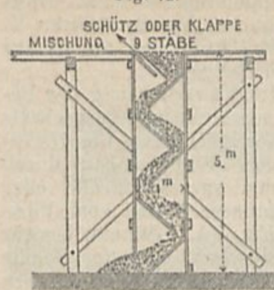
sind besonders zu verbreitern event. zu verstärken. Der Sand muss grob und scharf sein, und in Lagen von 30^{zm} Höhe gestampft, besser gewalzt werden; Interimsbelastung und langsame Aufhöhung des Gebäudes, sowie die Verwendung rasch bindenden Mörtels sind zu empfehlen. Wo starker Wechsel des Grundwassers vorkommt, ist eine Spundwand oder Umschliessung durch Thon erforderlich.

Sandschüttung ist u. U. die zweckmässigste und billigste Gründung, aber stets vorsichtig auszuführen.

7) **Betongründung.** Die Bestandtheile des Betons (vergl. den Abschnitt: Baumaterialien) sowie das Mischungsverhältniss sind verschieden je nach dem Zweck des Bauwerks. Wenn nur eine Ausfüllung zwischen Pfählen beabsichtigt wird, kann die geringste Qualität verwendet werden; zum Tragen von Bauwerken geringer Ausdehnung und mässiger Last, sowie bei festem Untergrund (z. B. den Pfeilern kleiner Brücken) genügt eine mittlere Qualität und leichte Ausführung; für das Tragen schwerer Lasten (75—100^{T} auf 1□^{m}) und zur Ausgleichung des Druckes über pressbarem Boden oder zur Dichtung von Quellen ist die beste Qualität und die sorgfältigste Arbeit erforderlich, vor allen aber letztere, wenn das Bauwerk in grosser Grundfläche, bei grossem Wasserdruck und durchlässigem Untergrund einen wasserdichten Kasten bilden soll (z. B. bei grossen Schleusen, Trockendocks etc.). Dann ist die Betongründung eine der schwierigsten Gründungsarten, und die Vorsicht beim Mischen und Versenken des Betons und dem Umschliessen mit Spundwänden kann nicht übertrieben werden. Namentlich darf während der Aushebung der Baugrube, die am besten durch Baggerung geschieht, beim Versenken und während des Erhärtens des Betons kein Wasser geschöpft werden, wenn der Untergrund dadurch gelockert und Quellenbildung befördert wird. Häufige Verstösse hiergegen sind die Ursache vielfacher schlechter Erfolge. Die Versenkung, vor welcher der Beton möglichst zu komprimiren ist, muss in grossen Quantitäten und in rascher Folge geschehen; das Material darf bis zur Ablagerung nicht mit dem Wasser in Berührung kommen, da sonst eine Absonderung der weicheren Mörteltheile und massenhafte Schlammbildung eintritt, wodurch der Beton undicht wird. Das Betonbett ist schichtenweise zu bilden, damit etwaige undichte Stellen überdeckt werden, angesammelter Schlamm ist durch Stielbagger, Saugpumpen etc. von jeder Schicht zu entfernen.

Zur B e r e i t u n g des Betons sind steifer Mörtel, sowie reine und nasse Steine erforderlich (letztere werden in einem Karren mit Rostboden unter einen Wasserstrahl geführt); die Mischung muss so lange fortgesetzt werden, bis nirgend Steinflächen mehr zu sehen sind. Dieselbe geschieht nur bei kleinen Bauten mit Handschaufeln auf Bretterdielen, bei grossen Bauten wendet man besser Maschinen an. Als solche dienen Fallwerke (Fig. 72); sie sind nur bei mindestens 5^{m} Höhe und wenn eine geringere Qualität des Betons genügt, verwendbar, sonst aber billig und liefern ein grosses Quantum. Ferner kreisförmige Gruben mit radialen Rechen; dieselben geben aber nicht

Fig. 72.



den genügenden Druck. Am besten ist eine schräge Trommel (Neigung 1 : 12) von Holz, 4—6m lang, 1m i. L. weit, innen mit kurzen Winkeleisen nach der Schraubenlinie besetzt, aussen mit 2 Laufringen auf je 2 Leitrollen und einem Zahnkranz für das Getriebe versehen, mit etwa 5 — 6 Umdrehungen pro Minute. In der Regel wendet man 2 kurze Trommeln (Fig. 73) über einander an, von denen die obere zur Bereitung des Mörtels dient — zu welchem Zweck ein Wasserrohr mit feinen Löchern parallel zur Axe oben durch die Trommel geht — während die untere zur Mischung des Betons bestimmt ist. Die Materialien werden an den oberen Enden der Trommeln in Kästen oder Karren nach bestimmter Regel zugeschüttet. Man vereinigt die Mörtelmischung und Betonbereitung auch wohl in einer langen Trommel; man erreicht dadurch eine Kostenersparniss und erzielt auch ein zu Pfeilergründungen gut verwendbares Material, doch sind zur Herstellung der besten Qualität 2 Trommeln besser. Die Leistung pro Stunde beträgt für eine Trommel mit 6 pferd. Lokomobile 9—10 kbm, für 2 Trommeln mit 8 pferd. Lokomobile 12 kbm.

Fig. 73.

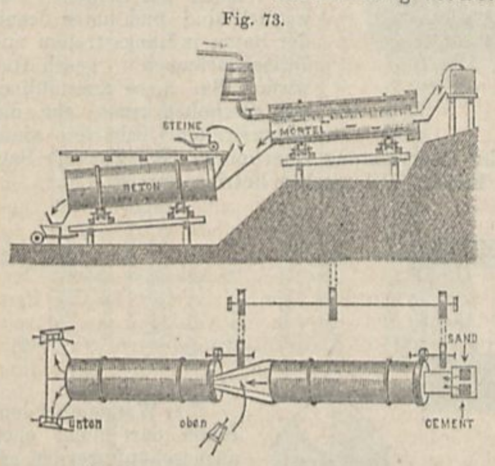


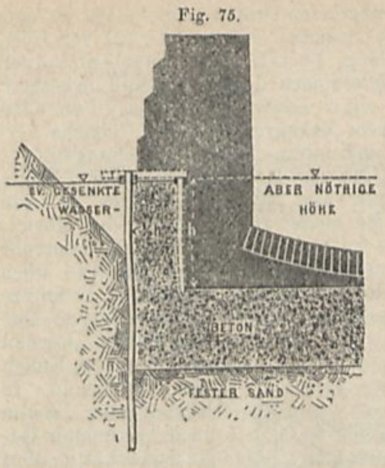
Fig. 74.

Auch Trommeln mit diagonaler Axe (Fig. 74) werden angewendet.

A n o r d n u n g d e s B e t o n b e t t e s. Dasselbe wird ringsum von Spundwänden umschlossen und die Sohle des Fundaments vorher oder nachher ausgebaggert. Für den Fall, dass die Spundwände auch u n t e r dem Beton für nöthig gehalten werden (etwa bei Schleusen mit grossem Gefälle), sind die Spundpfähle so tief unter Wasser abzuschneiden, dass sie nur wenig in den Beton eingreifen. Bei breitem Bett (Schleusen) und tiefem Wasser (wie bei Brücken-Pfeilern) werden seitliche Beton - Wände (Dicke ⅓ — ½ Höhe) angeordnet, welche mit Hülfe einer wieder zu entfernenden inneren Bretterwand geschüttet werden und demnächst meist ganz ins Mauerwerk fallen können. (Fig. 75).

Die Stärke des Bettes richtet sich nach der Belastung und dem Untergrund, wenn dasselbe nur zum Tragen bestimmt ist, dagegen nach der Wassertiefe, wenn gegen Auftrieb und Bruch Vorsicht nöthig ist. Die Berechnung giebt für breite Betten zu grosse Werthe, wenn die ganze Sohle als benetzt angesehen wird, was mit Rücksicht auf

Fig. 75.



die Spundwände nicht erforderlich ist. Das Bett wird u. U. in der Mitte dicker als an den Seiten hergestellt.

Die Versenkung des Betons geschieht am besten mittels grosser Blechkübel (Fig. 76, 77) von ¼ — 1 kbm Inhalt durch Winden vom Laufkrahn oder bei grosser Breite vom Floss aus (Fig. 78). Letzteres besteht abwechselnd aus fester Fläche und Oeffnungen, über welchen die Winden auf Schienen beweglich sind und unter denen der Beton in Längsstreifen mit Zwischenräumen geschüttet wird. Um diese auszufüllen, was geschehen muss, ehe die Längsstreifen erhärtet sind, wird das Floss nach der Querrichtung verschoben. Bei grossem Bett verwendet man mehre Flösse, weil rascher Betrieb gut ist.

Fig. 76.

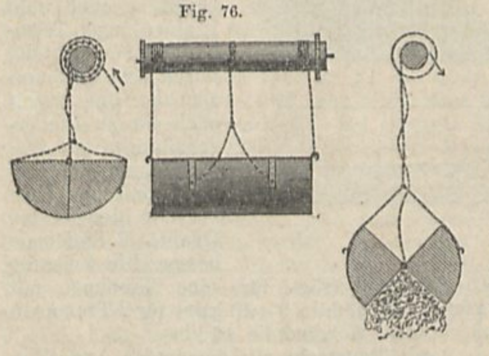
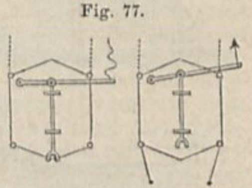


Fig. 77.



Das Wasser über dem Beton darf nicht eher ausgeschöpft werden, als bis derselbe völlig hart ist was durch Probiren mit einer Eisenstang ermittelt wird. Wenn Quellen durch den Beton gehen, so sind sie durch Röhren, welche unten mit Thon, Werg etc. dicht angeschlossen sind, abzufangen, so dass das Wasser im Gleichgewicht bleibt, und sodann von oben mit Zement zu dichten, keinesfalls aber auszuschöpfen.

Den Beton im Trockenen einzubringen, ist bei starkem Wasserschöpfen fehlerhaft, auch meistens theuerer und weniger gut als unmittelbares Mauern.

Wo Wasserdichtigkeit nöthig ist, muss die Ausführung des Mauerwerks auf der Beton-Oberfläche mit Vorsicht geschehen, weil zwischen beiden leicht eine Fuge entsteht. Man wende deshalb u. U. lieber ausschliesslich Beton an (z. B. bei Schleusenböden), als Beton und Mauerwerk.

8) **Verkehrte Gewölbe** sind wenig anwendbar, meist nur für pressbaren Boden, wenn zwischen schweren Mauern weniger lastende oder hohle Räume liegen, deren Oberfläche dann mit tragen soll. Man ordnet dieselben als Tonnengewölbe oder Klostergewölbe, je nach der Grundform an. Eine Untermauerung, welche zugleich als Lehre für die Gewölbe dient, ist stets gut, auch das Unterlegen eines Schwell-

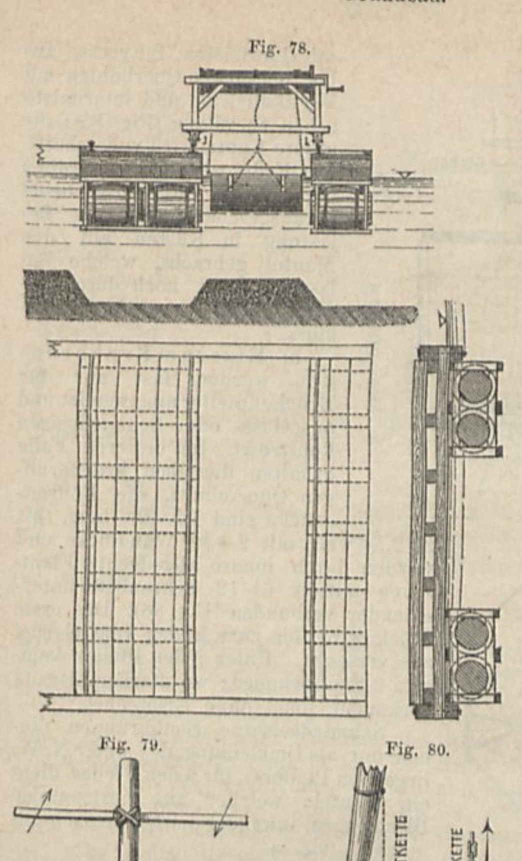


Fig. 78.

Fig. 79.

Fig. 80.

rostes nützlich. Das obere Mauerwerk muss event. durch Querverbindungen vor jeder seitlichen Bewegung gesichert werden.

9) **Senkbrunnen.** Ein Mantel von Holz, Eisen oder Stein wird durch Wasser oder weichen Boden hindurch bis zu genügender Tiefe in den festen Boden gesenkt, indem in der Regel von innen die Erde ausgehoben wird. Die Aushebung geschieht soweit als möglich im Trockenen durch Graben, unter Wasser mittels des Sackbohrers (Fig. 79), der indischen Schaufel (Fig. 80), des Millroy'schen Exkavators (Fig. 81, 82), der Sandpumpe mit Kolben, besonders bei engen und tiefen Baugruben (Fig. 83, 84, vergl. Dtsch. Bauztg. 1871 S. 109) und des senkrechten Baggers (siehe Baggern).

Der innere Raum wird, nachdem die Sohle durch Beton gedichtet ist, ausgemauert, nur bei gusseisernen Senkbrunnen genügt meist eine blosse Betonschüttung. Der zu durchdringende Boden muss frei von grossen Steinen und Holz sein, sonst wird die Ausführung sehr schwierig, wenn nicht etwa Taucher zu Hülfe genommen werden können.

Man unterscheidet:

a) Hölzerne Senkbrunnen, auch Senkpfeiler genannt. Sie eignen sich für mässige Tiefe bis etwa 4^{m}, und besonders im Hochbau. Der Mantel besteht für kleine Pfeiler aus vertikalen Brettern

Fig. 81.

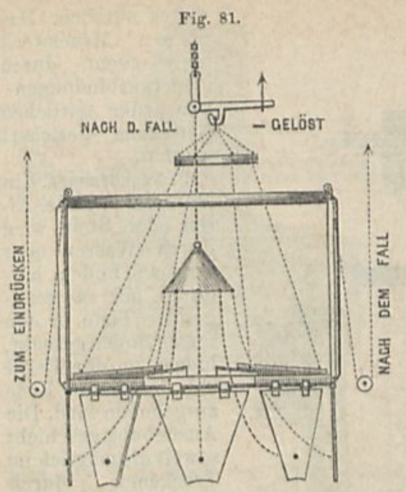


Fig. 82.

mit Querleisten, für grosse aus bis 5^{zm} dicken Querbohlen mit Vertikalleisten und interimistischen Spreitzen (Fig. 85); die untere Kante wird zugeschärft. Die Erde wird durch Graben und mittels des Sackbohrers herausgeschafft und als Belastung in Kästen auf den Mantel gebracht, welche Belastung event. noch durch andere Mittel verstärkt werden muss..

b) Eiserne Senkbrunnen werden fast nur für Brückenpfeiler angewendet und aus Guss- oder Schmiedeeisen konstruirt. Im ersteren Falle erhalten dieselben kreisförmigen Querschnitt, die Röhrenstücke sind 1,5—2^{m} lang, bis zu $2{,}5^{m}$ weit, mit 2—3^{zm} Wanddicke und werden durch innere abgedrehte Flantschen mittels 6—12 Schrauben untereinander verbunden (Fig. 86). Das erste Stück wird bis zum Boden vom Gerüst aus versenkt. Unter jeden Pfeiler kommen 2 Senkbrunnen; wo starker Eisgang vorkommt, nicht ohne Eisbrecher.

Schmiedeeiserne Senkbrunnen dienen nur als Umkleidung des unter N. W. liegenden Pfeilers; für jeden Pfeiler dient ein Mantel, welcher aus horizontalen Blechringen, inwendig der Quere nach gut

Fig. 83. Fig. 84.

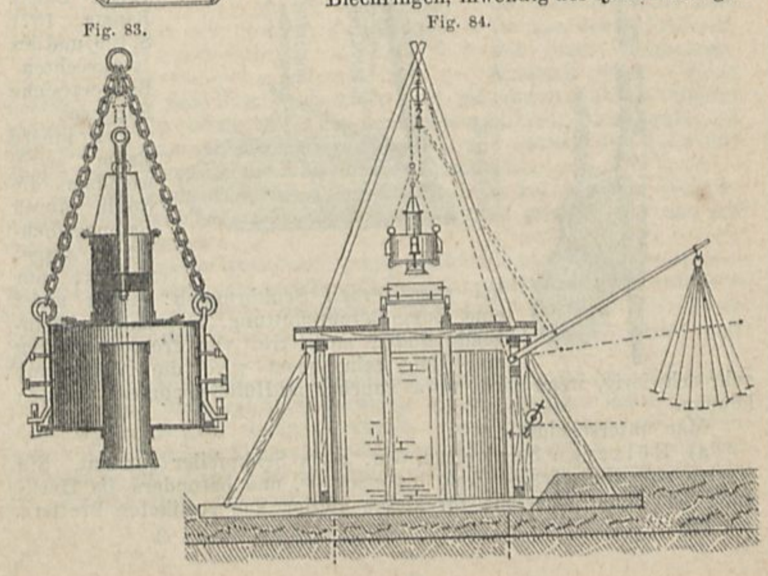
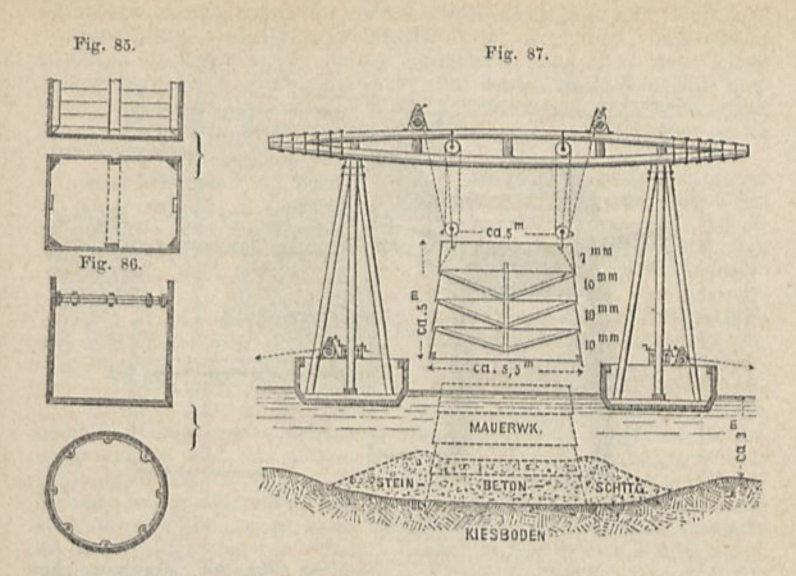


Fig. 85. Fig. 87.

Fig. 86.



ausgesteift, von beliebiger Grundform, mit Anlauf nach oben, gleich in ganzer Höhe zusammengesetzt wird (Fig. 87, vgl. Ztschr. d. Hann. A.- u. I.-V. 1871, Weser-Brücke zu Bremen). Die Versenkung geschieht bequem zwischen 2 Schiffen mit gemeinsamem Gerüst (auch von festen Gerüsten aus), nachdem der Untergrund vorher, am besten durch Ausbaggerung, entfernt ist. Die Sohle wird alsdann mit Beton gedeckt, dann der Mantel ausgeschöpft und ausgemauert. Die Blechringe des Mantels können oben schwächer sein als unten (6—12mm) und nach der Vollendung bis auf N. W. abgenommen werden; nur bei sehr festem Untergrund empfiehlt es sich, sie bis auf grössere Tiefe — jedoch nicht über 3 bis 4m — zu entfernen.

Gleich nach dem Versenken des Brunnens ist derselbe durch eine Steinschüttung rings umher zu sichern.

c) Steinerne Mäntel (eigentliche Senkbrunnen), werden besonders für Brückenpfeiler (2 oder 4 in geringem Abstand, etwa 1—2m, unter jedem Pfeiler), auch für Kaimauern angewendet; bei diesen werden die Senkbrunnen so breit wie die Mauerbasis angeordnet, oder wohl so viel breiter, dass auf denselben noch eine besondere Mauer für etwaige Krahngeleise Platz hat (Fig. 88, 89, Sandthorkai in Hamburg), und in solchen Abständen, dass das darüber stehende Mauerwerk noch solide bleibt. Die Zwischenräume sind gegen das Durchrutschen der Erde mit Spundwänden zu schliessen.

Die Grundform wählt man beliebig, je nach dem Zweck, kreisförmig, rechteckig oder polygonal, erstere erfordert die kleinste Mantelstärke und ist am leichtesten zu senken. Da der Mantel später mit tragen muss, so ist derselbe nicht zu schwach, 1½ bis 3 Stein stark, aus guten Steinen mit innerer Verzahnung, schräger Verstärkung an den Ecken und glatter (geputzter) Aussenfläche auszuführen und unten auf etwa 2—3m Höhe etwas weiter als oben (mit $\frac{1}{10}$ Anlauf) anzulegen, wodurch man eine grössere Basis und leichteres Sinken erzielt. Der Mantel steht auf hölzernem, etwa mit eiserner Schneide versehenem

Fig. 88.

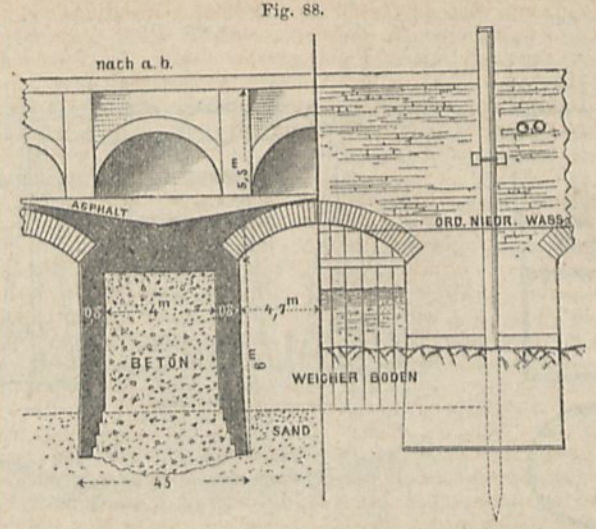
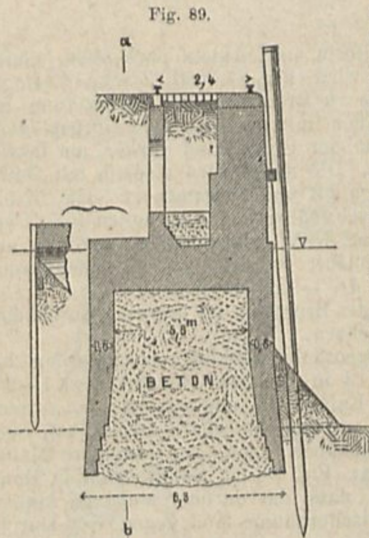


Fig. 89.



Schling (Fig. 90), durch welchen u. U. bis ganz nach oben (wenn Anfangs vom Gerüst durch Wasser oder Schlamm zu versenken), oder nur bis beliebiger Höhe (gegen Abreissen) Anker gehen.

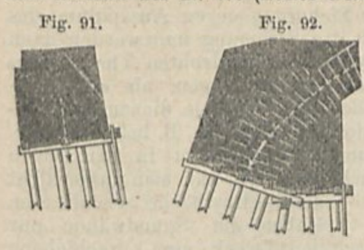
Der Senkbrunnen wird so hoch als bequem ist, aufgemauert, dann die Erde ausgehoben und nach Bedürfniss nachgemauert. Je rascher die Aushebung des Bodens geschieht, desto weniger Sand treibt seitlich nach; Sandboden wird durch Wasserschöpfen (mittels eingehängten Pumpenschlauchs) gelockert (zu Triebsand gemacht) und dadurch das Sinken gefördert. Gegen schiefes Sinken ist Vorsicht anzuwenden und dasselbe durch stärkere Aushebung an der entgegengesetzten Seite zu vermeiden. Unter Umständen wird wohl eine besondere Belastung des ganzen Senkbrunnens nöthig. Zuweilen werden dieselben auch bis auf den unebenen Fels gesenkt und der Schling dann durch Taucher unterfangen.

Fig. 90.



10) **Pfahlrost.** Anwendbar für alle Bauwerke, wenn die Pfähle stets unter Wasser bleiben, oder wenn unter dem nachgiebigen Boden eine feste Schicht (Sand, Kies, weniger gut Gerölle, noch schlechter Fels, besonders schräg abfallender) zu erreichen, welche den ganzen Druck aufnimmt; für mässig schwere Bauwerke auch dann, wenn in pressbarem Boden (Thon etc.) der Widerstand der dicht und tief geschlagenen

Pfähle gross genug gegen die darauf ruhende Last ist. Die Oberfläche des Pfahlrostes wird der grösseren Stabilität, namentlich von Brückenpfeilern, Ufermauern etc. wegen, möglichst nahe über dem festen Boden angeordnet, (tiefer Pfahlrost, bei dessen Herstellung die Baugrube abgedämmt und ausgeschöpft werden muss); bei Anwendung von Schrägpfählen kann die Oberfläche höher liegen, bis eben unter dem Niveau des N. W. (hoher Pfahlrost).


Fig. 91. Fig. 92.

Wenn der Druck in schräger Richtung wirkt (wie bei Ufermauern, Widerlagern etc.), ist es, trotz der grösseren Schwierigkeiten bei der Ausführung, vortheilhaft, die Pfähle in der Richtung des Drucks einzuschlagen und die Oberfläche des Rostes rechtwinklig gegen denselben zu legen (Fig. 91, 92). Die Pfähle werden in einfache Längs- und Querreihen gestellt, nicht im Versatz, was unbequem und ohne Werth ist; ihre Entfernung richtet sich bei festem Boden nach der Belastung und ihrer Höhe über dem Boden, so dass ein Pfahl 200—600ᴷ zu tragen bekommt; bei pressbarem Boden je nach den Umständen; in der Richtung der Grundschwellen kann die Entfernung etwa ¼ mehr betragen als in der Richtung der Bohlen. Ueber die Stärke der Pfähle vergl. den Abschnitt: Rammen auf S. 7.

Auf die Pfähle werden **Grundschwellen**, $^{20}/_{25}$ bis $^{25}/_{30}$ zm stark und hochkantig gelegt, aufgezapft, wenn nöthig (wie bei Schleusenböden etc.) mit durchgehenden verkeilten Zapfen; ihre genaue Höhenlage wird durch den Wasserspiegel bestimmt, ihre Richtung ist meist gegeben durch die Grundform des Pfahlrostes und andere Umstände. Bei Schleusen z. B. legt man die Grundschwellen wegen der Bodenstärke stets nach der Querrichtung, bei Brückenpfeilern und Hochbauten stets längs, bei Ufermauern zuweilen quer, weil hierdurch eine bequeme stückweise Ausführung der Mauern ermöglicht wird. Wenn Stösse nöthig sind, werden diese stumpf auf der Pfahlmitte angeordnet, mit seitlichen Schienen gesichert und stets verwechselt.

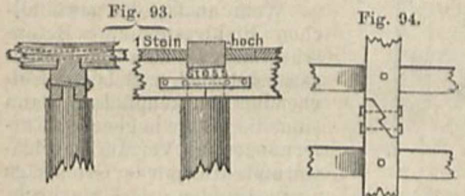


Fig. 93. Fig. 94.

Ueber die Grundschwellen werden in Abständen von 1—2 Pfahlweiten **Zangen** (Querschwellen) gestreckt, mit ersteren um eine Bohlendicke verkämmt (gewöhnlich mit einfachem Kamme) und durch Spitzbolzen befestigt (Fig. 93); Stösse (mit Hakenblatt) sind, um zu grosse Schwächung der Grundschwellen zu vermeiden, zwischen diesen anzuordnen und zu verwechseln (Fig. 94). Zwischen den Zangen werden 7—10zm starke Bohlen auf die Grundschwellen genagelt; wenn thunlich, sollen erstere um 1 oder 2 Backsteindicken über den Bohlenbelag vortreten.

Die Rostoberfläche muss nach allen Richtungen fest zusammenhängen, deshalb ist es bei Flügelmauern etc. gut, wenn die Grundschwellen der einen Mauer als Zangen über die der anderen gehen. Die dadurch entstehende verschieden hohe Lage der Oberfläche ist meist nicht schädlich, oft sogar für eine allmählige Auftreppung des

Rostes nützlich (Fig. 95). Bei runder Grundrissform kann etwa abwechselndes Uebergreifen stattfinden. Die Bohlen dürfen nie spitz auslaufen, deshalb werden die Zangen zuweilen etwas schräg gegen die Grundschwellen gerichtet.

Fig. 95.

Die Pfahlroste sind fast stets mit Spundwänden zu umschliessen. Dieselben dienen entweder zur Sicherung gegen Ausspülung des Bodens durch die Strömung und werden dann nur vor den dadurch bedrohten Theilen des Rostes und so tief geschlagen, als eine Auskolkung möglich ist; oder sie dienen zur Abschneidung von Wasseradern unter der Rostfläche (z. B. bei Schleusen, Wehren etc.), dann müssen die Spundwände so tief in den Boden reichen, als es der grösste Wasserdruck erfordert, und sich wasserdicht an die Rostfläche anschliessen. Haben die Spundwände nur den Zweck, eine Verschiebung der Hinterfüllungserde bei Kaimauern etc., vor denen keine Strömung ist, zu verhindern, dann stellt man dieselben am besten hinter den Rost (Fig. 96). Starke Spundwände können ohne Nachtheil mit tragen, z. B. bei Kaimauern an Stelle der vorderen Pfahlreihe, und können stets mit dem Pfahlrost verbunden werden. Ueber Spundbohlen s. oben S. 7 im Abschnitt: Rammen.

Fig. 96.

Wenn anstatt des gewöhnlichen Pfahlrostes eine Betonschüttung zwischen Pfählen angewendet wird, z. B. bei tiefreichenden Brückenpfeilern, dann sind die Pfähle in gleichen Entfernungen mit Versatz zu schlagen und so tief mit der Grundsäge abzuschneiden, dass sie höchstens 30zm in den Beton eingreifen; sie dienen dann meist nur als Reserve für den Beton. Diese Konstruktion erfordert stets eine starke und tiefe Spundwand, die Anfangs bis über Wasser reichen muss, und ist oft die billigste und zweckmässigste Fundirung in tiefen Flüssen (Fig. 97, Harburg - Hamburger Elbbrücke).

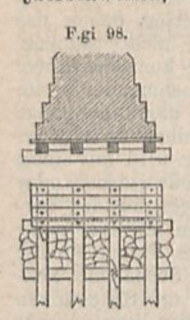
Fig. 97.

Andere Abarten des Pfahlrostes sind nicht zu empfehlen.

11) **Liegender Rost** (Schwellrost) ist anwendbar für leichtere Bauwerke, wenn mit den disponiblen Mitteln der feste Boden nicht zu

erreichen ist und nur über dem pressbaren Boden eine Verbreiterung der drückenden Fläche, eine Ausgleichung der verschiedenen Druckgrössen und eine Verankerung des Fundaments bewirkt werden soll. Da ein gewisses Setzen des Mauerwerks hierbei kaum zu vermeiden ist, so soll das letztere dieses Setzen ertragen können; es muss also vor der vollen Belastung unten fest sein und unter grossen Oeffnungen im Zusammenhang bleiben (was event. durch verkehrte Bögen zu erreichen). Der Rost ist stets unter das Grundwasser zu legen; die Querschwellen, welche 20—30^{zm} stark und etwas länger sein müssen als die Breite der Mauer beträgt, in 1—1,5^{m} Entfernung unten, flachliegend; in Verkämmungen derselben die etwas stärkeren Langschwellen in etwa 0,6—1^{m} Entfernung; quer darüber die 5—7^{zm} starken Bohlen mit etwas Ueberstand genagelt. Die Langschwellen erhalten verwechselte Stösse mit Hakenblatt auf der Querschwelle (Fig. 98). Beim Zusammenstossen zweier Mauern unter einem Winkel gehen die Langschwellen des einen Rostes mit Verkämmung über die des anderen hinüber.

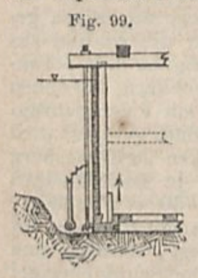
Fig. 98.



Etwaige Spundwände, die jedoch selten erforderlich sind, werden getrennt vom Rost gehalten, weil sie nicht so leicht wie dieser einsinken und dadurch eine schiefe Lage des Rostes entstehen kann. Eine Ausfüllung der Zwischenräume zwischen den Schwellen mit Steinbrocken ist stets nützlich.

12) **Senkkasten** (Caisson). Seit der Verwendung des Betons zu den Fundirungen werden Senkkasten nur noch selten angewandt; sie kommen noch vor bei Bauwerken von geschlossener Form und mässiger Ausdehnung (Brückenpfeiler), und im Wasser mit schwacher Strömung, um Abdämmung und Wasserschöpfen zu ersparen. Man stellt sie sowohl direkt auf den vorher zu ebenenden Boden, wenn derselbe aus Kies, Sand oder festem Thon besteht, als auch auf unter Wasser abgeschnittene Grundpfähle. Die Form der Kasten wird nach der Form des Bauwerks, ihre lichte Weite so bemessen, dass dem letzteren 50^{zm} Spielraum an jeder Seite verbleibt. Sie werden auf dem Lande gezimmert, gedichtet, wie ein Schiff genau an ihre Stelle gebracht und durch interimistische Belastung bezw. Ausfüllung mit Mauerwerk versenkt. Der Boden besteht am besten aus unmittelbar nebeneinander gelegten Querschwellen, die durch einige darüber gestreckte Langschwellen und durch starke Rahmen an den Kanten verbunden sind (Fig. 99); in die letzteren werden die Ständer der Seitenwände, um diese später entfernen zu können, mit Schlüsselzapfen verzapft und oben durch Holme verbunden. Die Wände erhalten eine äussere Bohlenbekleidung und werden durch über die Holme gelegte Zangen gegeneinander versteift. Durch die Holme gehen Ankerstangen bis zum unteren Rahmen und werden hier mit Augen und Haken, oben mit Schrauben gehalten. Ringe an dem Rahmen und den Holmen dienen zur Befestigung der Taue für die Führung des Kastens, der mit einem Schütz zum Füllen und Entleeren, sowie mit Pumpvorrichtungen versehen wird.

Fig. 99.



13) **Eiserne Pfähle.**

a) Rammpfähle von Gusseisen werden fast nur in Verbindung mit zwischenstehenden, breiten eisernen Spundbohlen zur Umschliessung

eines Betonkernes oder Unterstützung der äusseren Kanten eines übrigens auf Holzpfählen fundirten Pfeilers, zuweilen auch bei Bohlwerken verwendet. Die hohlen oder mit Rippen versehenen Pfähle sind unter sich oder mit anderen Pfählen zu verankern. (S. Humber's Brückenbau).

b) Schraubenpfähle (v. Mitchell erf., s. Förster's Allg. Bztg. 1850, Annales d. p. e. ch. 1855, und Humber's Brückenbau). Die Schraube dient entweder nur als Pfahlschuh für hölzerne Pfähle (Fig. 100), besonders für Gerüste, bei denen das Einrammen der Pfähle nicht thunlich, und erhält alsdann eine konische Spitze und Windungen von zunehmender Breite aber gleicher Ganghöhe, damit die ganze Windung sich in demselben Schnitt bewegt; oder die Schraube wird mit einem dünnen, massiven schmiedeeisernen oder gusseisernen Pfahl aus einem Stück hergestellt (Fig. 101), wenn letzterer mehr zum Verankern als zum Tragen dienen soll, wie besonders bei Seebaken, kleineren Leuchtthürmen auf Sandbänken etc.; man konstruirt dieselben alsdann möglichst gross, bis 1,5m, mit gewundener Spitze und etwa 1½ Windungen; auch mit kurzer Spindel und drehbarem Bügel (Fig. 102), zum Verankern von Boyen etc. Der Spindelkopf ist oben vierkantig, um einen Schlüssel aufstecken und weitere Verbindungen anbringen zu können.

Fig. 100.

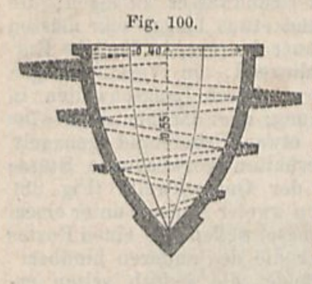
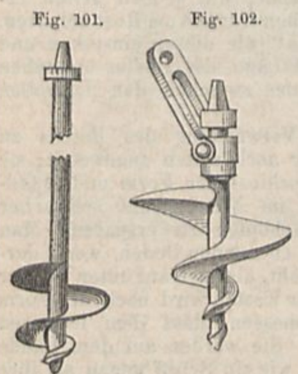
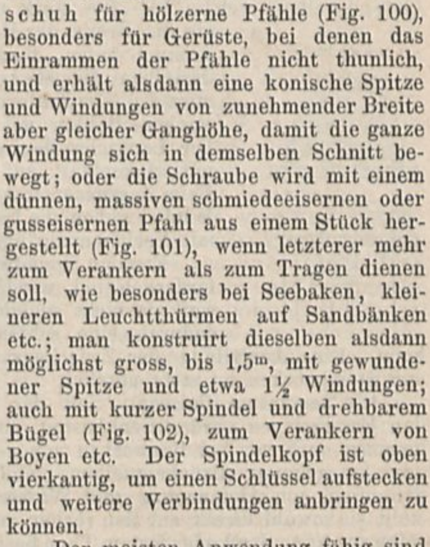


Fig. 101. Fig. 102.





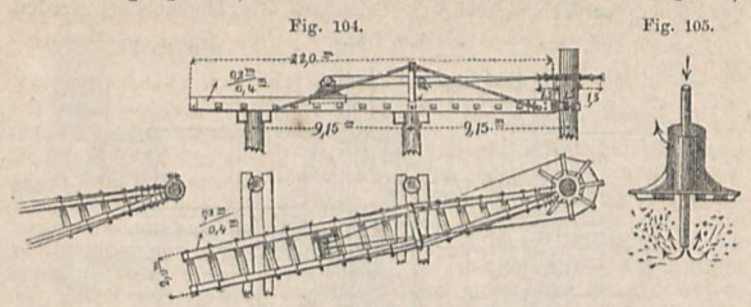
Der meisten Anwendung fähig sind endlich Schrauben, welche in 1—1½ allmählig anfangenden Windungen aussen um einen hohlen gusseisernen Pfahl angegossen oder (seltener) aus Blech gefertigt und an vortretende Ansätze des Pfahles angeschraubt werden (Fig. 103); sie eignen sich besonders für tragende Pfähle zu Brückenpfeilern, bei denen jedes Joch aus 2 Pfählen, die etwa mit einem schrägstehenden Schraubenpfahl verstrebt sind, gebildet wird (vgl. Zeitschr. f. Bauw. 1865: Brücken zu Königsberg und Pillau). Die Pfähle erhalten, je nach Bedarf, eine Weite von 30zm bis 1m bei 25—50mm Wanddicke und werden aus einzelnen, 2—3m langen Stücken mit inneren Flantschen zusammengesetzt, aussen sind Lappen für die Kreuzverbindungen anzubringen. Der Schraube giebt man bis 1,5m Durchmesser.

Fig. 103.

In allen Fällen (mit Ausnahme der Blechschrauben) ist die Schraube scharfgängig zu konstruiren und um so grösser zu nehmen, je weicher der Boden ist; die Steigung darf nicht zu schwach (todter Gang) und nicht zu stark (zu grosser Widerstand) gewählt werden, etwa zu ⅛ bis ¼ des grössten Durchmessers, bei grossen Schrauben für weichen Boden kleiner als bei kleinen Schrauben für harten Boden. Das Einschrauben (event. mit Schlüssel) geschieht von oben durch einen aufgesteckten Stern, entweder direkt mit der Hand oder mittels Winde. In

letzterem Falle wird die Winde zum Geradehalten des Pfahles auf einen Ausleger gestellt, der mit einer Gabel den Pfahl umfasst (Fig. 104).

Fig. 104. Fig. 105.



c) Scheibenpfähle eignen sich für Brückenpfeiler in tiefem Wasser und wenn tiefes Eindringen des Pfahles in Sand (weniger gut bei Kies und Thon) nöthig ist. Der Pfahl wird entweder hohl von Gusseisen, mit angegossenem Scheibenfuss zur Verhütung des späteren Einsinkens konstruirt (Fig. 105) und ist von oben durch besondere Vorrichtungen hin- und herzudrehen. Durch den Pfahl reicht ein enges Rohr (von 5^{zm} Dm.) etwas tiefer als die Scheibe in den Boden, in welches mittels einer Druckpumpe Wasser hineingepresst wird, das unter der Scheibe den Boden fortspült. (Es wurde damit z. B. bei einem 25^{zm} weiten, 6^{m} tief im Sande stehenden Pfeiler in 20 Minuten ein Fortgang von über 2^{m} erzielt. (S. Humber u. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover). Oder der Pfahl ist mit dem Rohr verbunden, trägt unten die Scheibe, oben ein Zahnrad für das Trieb zum Drehen und hängt zwischen 2 Laufrollenkränzen in einem weiteren Mantel von Guss- oder Schmiedeeisen, welcher als Pfeiler versenkt werden soll. In diesen zu belastenden Mantel wird beständig Wasser gepumpt und auf 1—$1{,}5^{m}$ Höhe über dem Aussenwasser gehalten. In Folge dieses Ueberdrucks tritt das Wasser aus dem Mantel von unten in das Rohr und oben durch eine heberartige Verlängerung desselben wieder ins Aussenwasser zurück und hebt dabei den Untergrund, selbst Ziegelsteine, eiserne Bolzen etc. so mit in die Höhe, dass auf diese Weise ein Mantel von über 4^{m} Durchm. 23^{m} tief in den Boden gesenkt werden konnte. (S. Engineer 1869, Brücke über den Goraie-Fluss in Ostindien. Vgl. auch S. 12: Rammen u. S. 6: Bohren).

14) **Pneumatische Gründung** wird fast nur für Brückenpfeiler in tiefem Wasser angewendet, wenn der Untergrund aus Sand oder Kies besteht, aber mit grösseren Steinen und Holz gemischt ist, so dass offene Senkbrunnen nicht gut ausführbar sind. Letztere sind sonst billiger, ebenso event. Pfahlrost mit Betonschüttung.

Anfangs versenkte man auf pneumatischem Wege hauptsächlich gusseiserne Zylinder, welche zu je 2 oder mehren zu einem Pfeiler verbunden wurden, auch einzelne nebeneinander liegende Kasten, welche den Pfeiler trugen; jetzt versenkt man für jeden Pfeiler einen oder mehre Zylinder aus Mauerwerk auf eisernem Schling oder eiserner Glocke (Fig. 106); oder aber man stellt den Pfeiler auf einen einzigen Blechkasten (Fig. 107, 108).

Der Kasten (oder die Glocke etc.) wird völlig luftdicht hergestellt; aus demselben führen 1 bis 3 Blechrohre nach oben, welche als Einsteige- bezw. Förderschachte dienen und welche je eine mit 2 Thüren und mit 2 Lufthähnen (Fig. 109) versehene Luftschleuse

erhalten. Die Luftschleuse bekommt ihre Stelle am besten unten im Schacht; setzt man sie oben auf denselben, so muss sie beim Sinken des Pfeilers zur Verlängerung des Schachtes öfter abgenommen werden

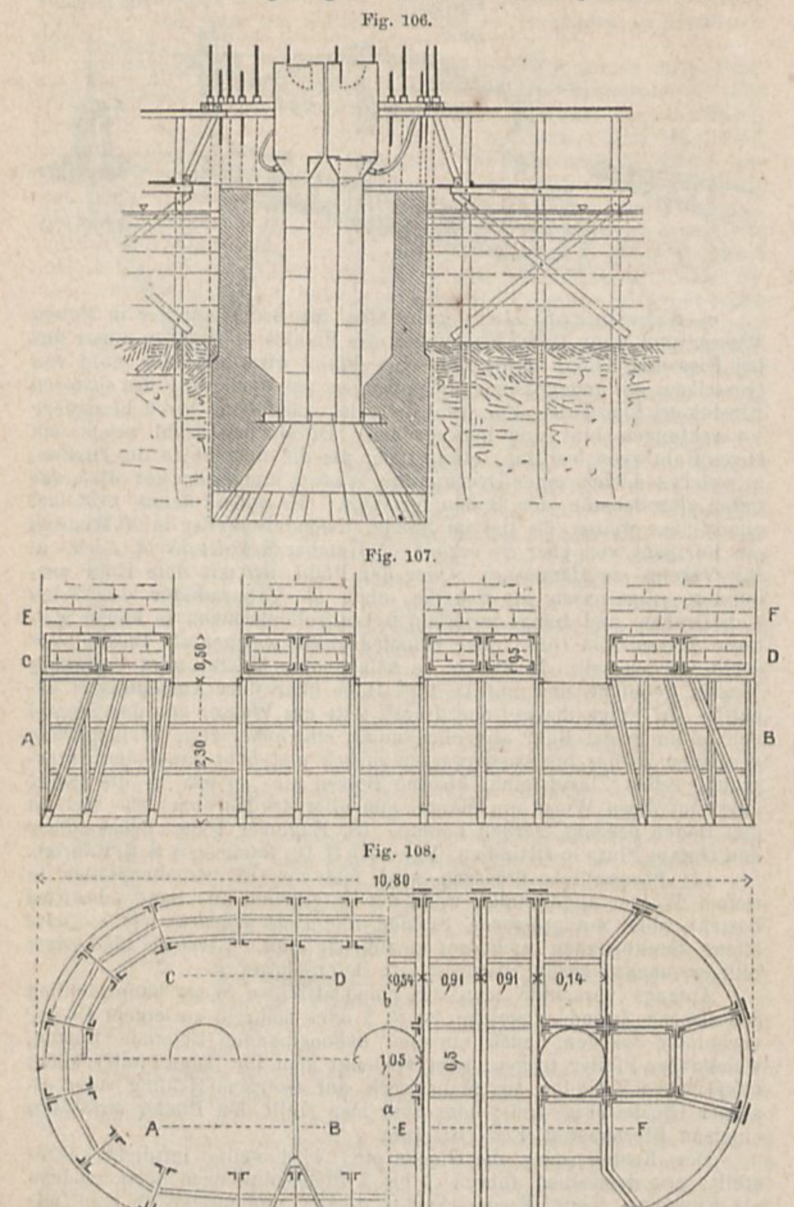
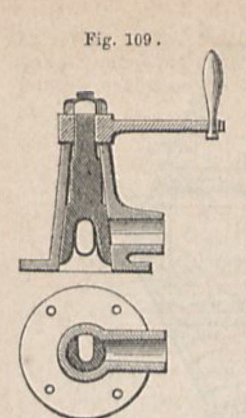


Fig. 106.

Fig. 107.

Fig. 108.

Fig. 109.



und die Arbeiter müssen in komprimirter Luft auf- und niedersteigen.

Die Zuführung der komprimirten Luft von der Luftdruckpumpe aus geschieht durch Schläuche (aus Gummi mit eingelegter Spiralfeder), welche unterhalb der Luftschleuse in den Schacht eintreten und dort mit einer Ventilklappe versehen sind. Die Luft muss, um die bei der Kompression entstehende Erhitzung aufzuheben, durch besondere Vorrichtungen abgekühlt werden; die Pressung derselben richtet sich nach der Wassertiefe und muss etwa ½ Atmosphäre mehr betragen als der Wasserdruck, um das unterhalb des Kastens eintretende Wasser unter dem Rand desselben durch den Erdboden hindurch wegzutreiben. Dieser Ueberdruck kann aber durch Anbringung eines Rohres vermieden werden, welches etwas tiefer als der Kasten hinabreicht und das unten eingetriebene Wasser oben ins Freie ausgiesst; ein Hahn gestattet das Eintreten komprimirter Luft in das Rohr, die das spezifische Gewicht des Wassers verringert.

Fig. 110.

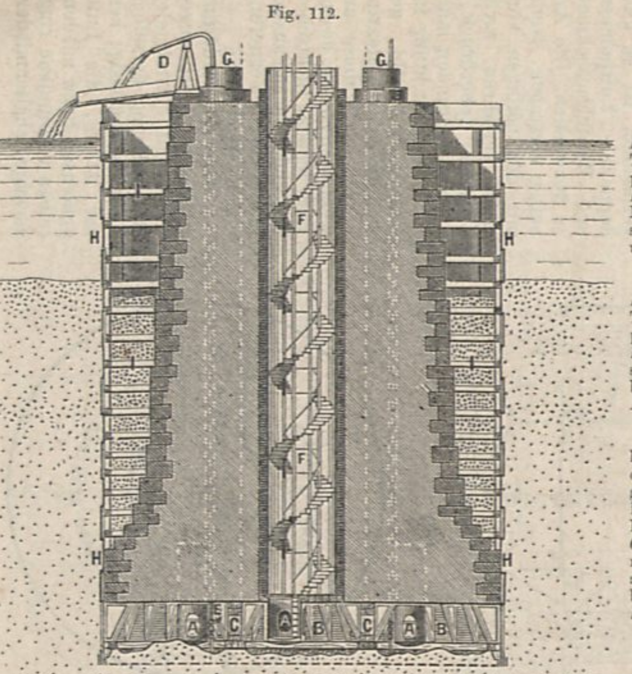
Um Stockungen zu vermeiden, ist es gut, doppelte Luftpumpen und Betriebsmaschinen zu verwenden. Die Arbeiter vertragen, wenn mit der nöthigen Vorsicht verfahren wird, 3½ Atm. Ueberdruck 1 bis mehre Stunden lang.

Die Erleuchtung im Kasten geschieht gewöhnlich durch Stearinkerzen, weil diese am wenigsten russen, besser sind jedoch Lichtscheiben und Laternen aussen in besonderer Vertiefung der Kastendecke.

Fig. 111.

Die Erdförderung mit Baggern ist wegen der leicht eintretenden Beschädigung derselben nicht zweckmässig; besser ist es, die Luftschleusen, bezw. mit denselben verbundene ringförmige Behälter mit dem

Fig. 112.



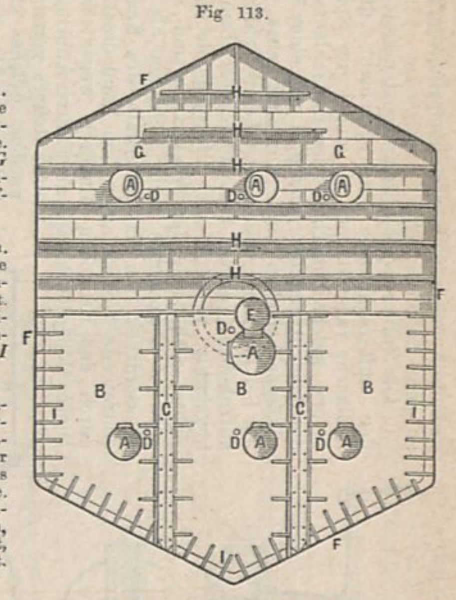
Buchstaben - Erklärung:

Fig. 112. *A* Luftschleusen. *B* Luftkammer. *C* Hölzerne Träger (Wände). *D* Sandpumpenausguss. *E* Sandpumpe. *F* Haupteinsteigeschacht. *G* Nebeneinsteigeschächte. *H* Eisenblechumhüllung. *I* Absteifung der Hülle.

Fig. 113. *A* Luftschleusen. *B* Luftkammer. *C* Hölzerne Träger (Wände). *D* Sandpumpen. *E* Haupteinsteigeschacht. *F.* Umfassungswände von Eisenblech. *G* Decke von Eisenblech. *H* Eiserne Träger. *I* Absteifungskonsolen.

Fig. 114. *A* Maschinistenhäuschen. *B* Prähme. *C* Hydraulische Maschinen. *D* Trageseile (aus Eisendraht) der Laufkrähne. *E* Zugseile aus Eisendraht. *F.* Laufkrähne. *G* Luftpumpen. *H* Luftzuführungsschlauch. *I* Schrauben, an welchen der Caisson hängt, bevor er den Boden berührt. *K* Rüstpfähle. *L* Caisson.

Fig 113.



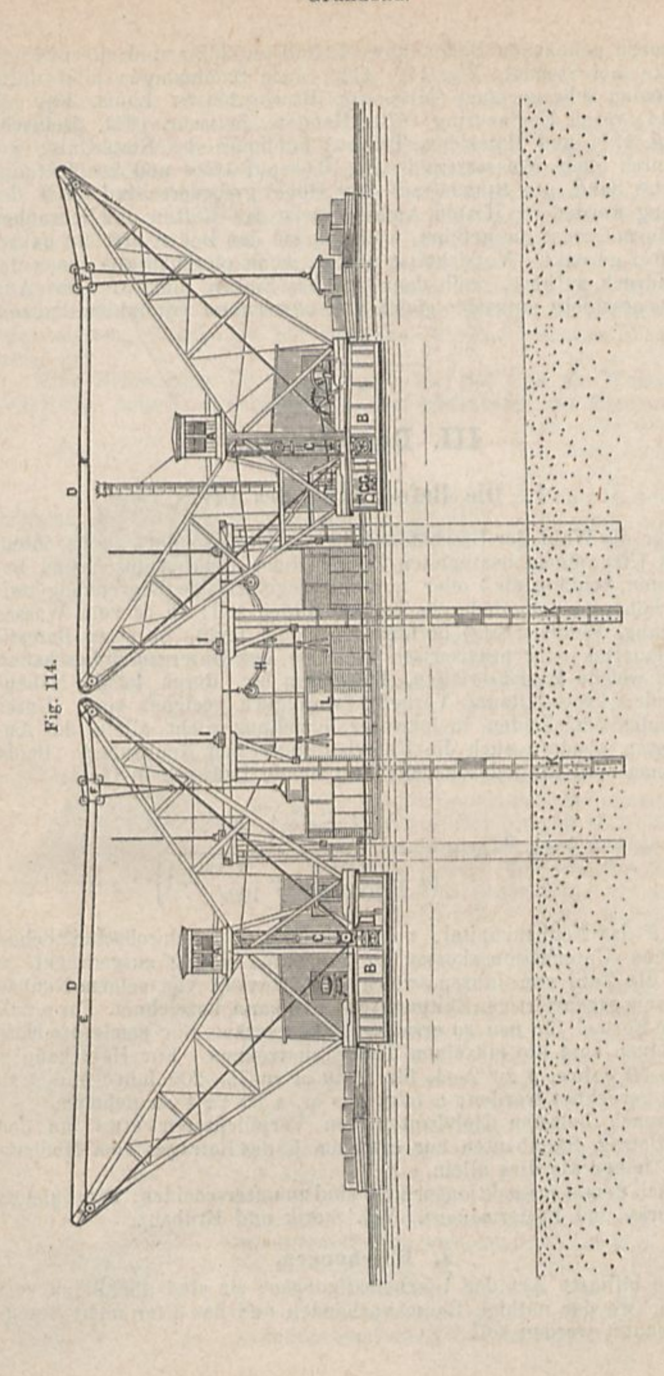


Fig. 114.

in Eimern gehobenen Boden abwechselnd zu füllen und zu entleeren (Brücke bei Stendal, Fig. 110, 111); auch Sandpumpen sind unter Umständen sehr geeignet (Mississippi-Brücke bei St. Louis, Fig. 112 bis 114; vergl. Engineering 1870, Hannov., Zeitschr. 1871, Deutsche Bauztg. 1871 und Malezieux, Travaux publiques des Etats-Unis), wobei durch einen Wasserstrahl von 10,6^{k} auf 1□^{zm} und 9^{zm} Durchm. 15,3 kb^{m} Sand pro Stunde auf 36^{m} Höhe gefördert sind. Bei der Senkung werden die Kasten Anfangs meist mit Ketten und Schrauben von einem Gerüst aus geführt, nachdem sie den Boden erreicht haben, aber frei gesenkt. Vorsicht ist nöthig, wenn plötzlich von innen der Gegendruck aufhört, weil dann rasches Sinken eintritt. Das Aufmauern geschieht entweder gleich voll oder zuerst mit hohlen Räumen.

III. Der Uferbau.

1. Die Befestigung des Ufers.

Für die Wahl der Uferbefestigungsart ist besonders zu beachten, ob das Ufer einem bestimmten Zweck dient (zum Anlegen und Beladen von Schiffen etc.) oder nur eine regelmässige Begrenzung zwischen höherem und niederem Terrain bilden soll; ob es vom Wasser (Strömung, Wellenschlag) berührt wird oder nicht, ob seine Befestigung dauernd oder provisorisch ist, wie der Untergrund beschaffen ist und welche Baumaterialien, Bauweisen etc. durch lokale Nebenumstände (Preise, Raum, Verkehr) vorzüglich geeignet sind. Unter Umständen entscheiden in letzterer Beziehung nicht allein die Anlagekosten, sondern auch die Unterhaltungs- und Neubaulast. Beide zusammen sind für jedes bereits bestehende Bauwerk in Geld:

$$x = \frac{\beta}{z} K + \frac{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^m K}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^n \left\{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^m - 1\right\}}$$

worin K das Neubaukapital, z den Zinsfuss, β die durchschnittlichen jährlichen Unterhaltungskosten in Prozenten von K ausgedrückt, m und n die Zahl von Jahren, welche das Bauwerk von seinem Neubau bezw. vom gegenwärtigen Zeitpunkte stehen kann, bezeichnet. Für $n = 0$ gilt die Formel für neu zu errichtende Bauwerke. Für gemischte Konstruktionen sind die einzelnen Theile zu trennen. Für Holz kann m zu 10—30 Jahre, β zu 2—4, für Stein m zu 75—200 Jahre und β zu $\frac{1}{4}$—$1\frac{1}{2}$ gerechnet werden; n folgt aus m, z ist $= 4$ zu nehmen.

Danach belasten Holzbauten den Verpflichteten etwa um den vollen Betrag, Steinbauten nur etwa um $\frac{1}{8}$ des Betrages vom Neubaukapital höher als dies allein.

Nach dem Konstruktionsprinzip sind zu unterscheiden: Böschungen, Bohlwerke und Futtermauern. (Vgl. Statik und Erdbau).

a. Böschungen.

Die billigste Art der Uferbefestigungen; sie sind überall zu verwenden, wo der nöthige Raum vorhanden und das Ufer nicht besonders benutzt werden soll.

Der Grad der Böschung richtet sich nach der Erdart, dem Angriff des Wassers und der Bekleidung. Unbefestigte Böschungen (etwa nur besamt oder mit Flachrasen belegt) erhalten, wenn kein Wasserangriff zu befürchten, bei Felsboden ¼—¾-, bei gebundenem Boden 1—1½-, bei sandigem Boden 1½—3fache Anlage. Gegen Strömung und Wellenschlag können dieselben nicht immer bestehen.

Wenn unbefestigte Böschungen von Einschnitten (nicht von Dämmen) grosse Höhe haben, viel Regen- oder Quellwasser bekommen und der Boden locker ist, dann ist es zweckmässig, in 2—3^m senkrechtem Abstand Bankette (in der Länge horizontal oder wenig geneigt, in der Breite horizontal) ½—1^m breit anzulegen, auf ihnen das Wasser entlang und an bestimmten Stellen in Mulden an der Böschung hinabzuleiten. Bepflanzen mit Gesträuch ist zur besseren Erhaltung immer gut.

Eine Befestigung der Böschungen ist fast nur am Wasser erforderlich; dieselbe geschieht u. U. am einfachsten mit Kopfrasen in einer oder event. 2 Schichten hintereinander (Fig. 115); bei Schiffahrts- und Entwässerungs-Kanälen durch Bepflanzung mit Schilf (auch auf Bankett in Wasserhöhe, Fig. 116); bei Flussufern mit Weiden oder, wenn die Pflanzen nicht angehen oder zu leicht zerstört werden, und wenn steile, bis ½malige Böschungen unvermeidlich sind, durch Faschinen (Fig. 117, vgl. Flussbau) — letztere sind jedoch nur unter Wasser und bei nicht starkem Angriff desselben, sonst nur im Nothfall zu verwenden; — endlich auch mittels Steinen.

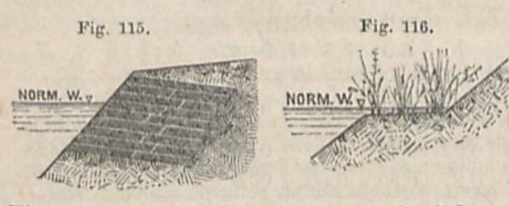


Fig. 115. Fig. 116.

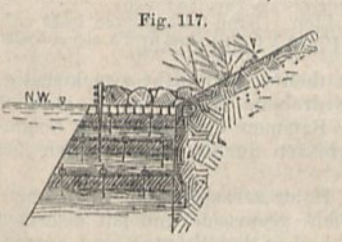


Fig. 117.

Stein-Böschungen sind in allen Fällen anwendbar und gewähren die grösste Dauer bei starkem Angriff; sie erhalten gegen Strömung mit Eisgang 1- bis 2fache, gegen Wellen 3- bis 4fache Anlage. Unter Wasser geschieht die Ausführung als blosse Schüttung, unter Verwendung von möglichst grossen Steinen für die Aussenfläche; in N.-W.-Höhe wird ein 0,5—1^m breites Bankett angelegt und gleich dem oberen Theil der Böschung mit regelmässiger Abpflasterung aus grossen, oben glatten Steinen mit engen Fugen, auf einer Unterlage von (mindestens) Kies oder Steinbrocken versehen (Fig. 118). Das Pflaster kann auch gegen eine Spundwand gestützt werden und darf dann zuweilen die Schüttung davor fortbleiben (Fig. 119).

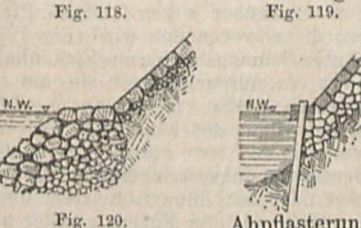


Fig. 118. Fig. 119.

Fig. 120.

Bei Flusshäfen, Kanälen etc. giebt man den Böschungen bei ¾- bis einfacher Anlage auch eine mauerartige Bekleidung aus behauenen

Steinen oder Ziegeln, welche als Läufer und Binder mit normal gegen die Böschungsfläche gerichteten Lagerfugen versetzt werden (Fig. 120).

b. Bohlwerke.

Man konstruirt die Bohlwerke stets aus Holz, selten aus Eisen und wählt dazu am besten Eichen-, in Ermangelung dessen aber Kiefernholz. Die Pfähle dürfen ohne Noth nicht senkrecht stehen, sondern erhalten etwa $1/_{10}$ Neigung; sie müssen, wenn sie nicht besonders fest verankert werden, bei weichem Boden eben so tief in den Boden reichen, als sie über demselben frei stehen, bei festem Boden halb so tief. (S. Rammen). Eine Berechnung von Stärken etc. derselben ist unnütz, weil besonders die Dauer gegen Fäulniss in Frage kommt. Für mittelgünstige Verhältnisse kann folgende Tabelle dienen:

Freie Höhe in M.	2—2,5	3	3,5	3,5—4	4—4,5	5	6	7
Mittlere Stärke für ○	0,30	0,33	0,35	0,35	0,35	0,36	0,37	0,38
Mittlere Stärke für □	0,20 / 0,25	0,22 / 0,27	0,25 / 0,30	0,25 / 0,30	0,25 / 0,30	0,26 / 0.31	0,27 / 0,32	0,28 / 0,33
Entfernung von M. zu M.	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
Anker für jeden	keins	keins	4 ten Pfahl	4 ten Pfahl	3 ten Pfahl	2 ten Pfahl	2 ten Pfahl und 2 A. übereinander	

Kantige Pfähle zu verwenden ist theuer und nicht zweckmässig, weil sich dieselben beim Rammen etwas drehen. Besser ist es, gerades Rundholz zu nehmen und nach dem Rammen die Pfähle zur bequemeren Anbringung des Bohlenbelags hinten fluchtrecht etwas zu beschlagen.

Die Pfahlköpfe werden in einen Holm verzapft, der oben abgerundet, mit kurzem Blatt auf dem Pfahl gestossen und mit eisernem Bügel über den Stössen und ausserdem etwa über jedem 4. oder 3. Pfahl mit diesen verbunden wird (Fig. 121); Hinterkleidungsbohlen aus Eichenholz, nicht zu schwach, weil sie am raschesten faulen, mindestens 5—7 zm, in der Höhe des häufigeren Wasserwechsels bis 10 zm stark. Die Fugen werden nur gut gestrichen, nicht gefalzt, noch abgeschrägt oder mit dünnen Leisten überdeckt, weil das Holz in den Fugen rascher abgängig wird. Unter N. W. ist fast stets eine Spundwand erforderlich, welche sich oben gegen Gurte stützt und am besten ebenfalls schräg gestellt wird (Fig. 122); die Tiefe derselben richtet sich nach den Umständen, der Strömung etc.

Fig. 121.

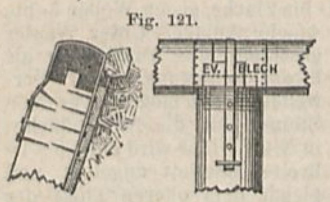


Fig. 122.

Zur grösseren Sicherung des Bohlwerks werden schräge Ankerpfähle in fester Erde, etwa soweit hinter demselben, als der Kopf des Anker-

pfahls über den Fuss des Bohlwerks reicht, und so tief wie die Bohlwerks-Pfähle eingeschlagen und, wenn möglich, gegen einen tiefen Punkt des Bohlwerks (ev. gegen die Gurte der Spundwand) abgesteift, oder durch besondere Schrägpfähle verstrebt (Fig. 123). Je zwei der stets paarweise anzuordnenden Ankerpfähle sind auf der Hinterseite durch einen Querriegel, der nicht viel über N. W. reichen darf, verbunden; von demselben geht nach einer vor das Bohlwerk gelegten Gurte — besser als direkt nach einzelnen Pfählen oder einer hinteren Gurte — ein Ankerbalken, welcher mit Ueberkämmung und Bolzen, vorn auch mittels eiserner Bügel befestigt wird. Die Ankerbalken haben viele Nachtheile, weil sie bei nothwendiger grosser Länge einen bedeutenden Erddruck, event. auch noch mobile Belastung zu ertragen haben und deshalb häufig brechen etc., während eine Unterstützung durch hintere Gurte und etwa in der Mitte der Länge eingeschlagene Pfähle kostspielig wird. Es ist deshalb viel besser, 25—35mm starke eiserne Ankerstangen zu verwenden, die mit Schraube und Mutter (welche letztere in die vordere Gurte einzulassen ist) befestigt werden. Die eisernen Anker sind billiger und haltbarer, auch in den Fällen bequem anzubringen, wenn 2 Anker in verschiedener Höhe durch nur einen Querriegel gehalten werden sollen. Die Anker müssen vorn stets höher liegen als hinten; die vordere Gurte ist gegen Aufsetzen bezw. Unterhaken von Schiffen event. durch Anbringung von Schrägbohlen zu sichern.

Fig. 123.

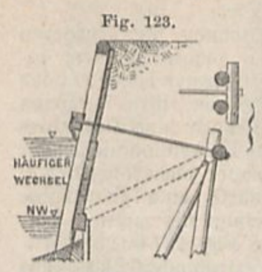
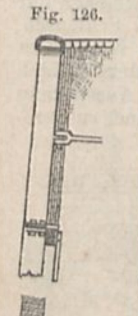


Fig. 124. Fig. 125.



Fig. 126.



Da die Bohlwerke stets nicht höher aufgeführt werden, als ihr Zweck es eben erfordert, so sind sog. Prellpfähle nöthig, wenn die Gefahr vorliegt, dass Schiffe bei Hochwasser auf den Holm gerathen können. Ist ein Geländer auf demselben erforderlich, so wendet man statt eines hölzernen, dessen Zapfen bald verfaulen, besser ein eisernes mit durchgehenden Stangen an.

Von den vorbeschriebenen abweichende Formen der Bohlwerke, z. B. nach Fig. 124 und 125, finden zuweilen eine günstige Anwendung, wenn auf der Landseite für die Verankerung kein Platz ist, etc.

Statt der hölzernen Bohlwerkspfähle wendet man auch eiserne, etwa nach Fig. 126 an, deren Zwischenräume, an Stelle der Hinterkleidung durch Bohlen, mittels flacher, unter Wasser auf der Spundwandgurte aufstehender Backsteingewölbe geschlossen sind. Bei nur mässiger Höhe des Bohlwerks ist eine solche Konstruktion sehr zu empfehlen.

c. Futtermauern.

Die Stabilität der Futtermauern ist abhängig von ihrer Form, dem spezifischen Gewicht der Steine und dem Druck der Hinterfüllungserde (vergl. den Abschnitt: Statik), wobei fester Untergrund oder sichere Fundirung (namentlich für die vordere Kante, welche

bei Pfahlrost durch Schrägpfähle besonders gesichert sein muss) vorausgesetzt werden.

Zur günstigen Form der Futtermauern gehört:

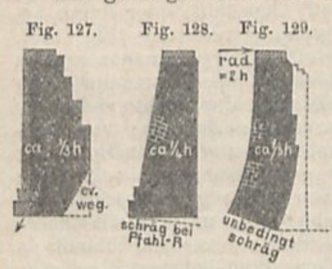


Fig. 127. Fig. 128. Fig. 129.

1) die Böschung der vorderen Fläche, welche jedoch in dem erforderlichen Widerstand der Steine gegen Verwitterung ihre Grenzen findet und je nach der Güte des Materials — für Backsteine nicht über 1/15—1/10, für Quader nicht über 1/10—1/7 hinausgehen darf; eine gekrümmte Böschung vereinigt die meisten Vortheile (vgl. die Fig. 127—129);

2) ein vortretender Fuss aus festem Material;

3) zunehmende Stärke der Mauer von oben nach unten bis etwa auf das erste Drittel ihrer Höhe, an der Hinterfläche mit Abtreppungen, die nicht über 20zm breit sein dürfen und, wo Wasseradern zu befürchten, eine Abschrägung erhalten müssen.

Bei vollen Mauern mit senkrechter Vorderfläche ist die mittlere Dicke unter mittelgünstigen Umständen = ⅓ der Höhe, bei geböschten Mauern zu ¼—⅕ derselben zu nehmen; die obere Stärke richtet sich nach der Benutzung der Mauer: wenn z. B. grosse Schiffe gegen liegen, giebt man derselben 1—1,5m, wenn die Deckplatten zur Passage dienen sollen, etwa 1m; sonst kann dieselbe beliebig klein gewählt werden.

Muss die Mauer vorn senkrecht sein (was nie ohne Noth geschehen sollte), so kann ohne Nachtheil auf ¼ der unteren Höhe und etwa bis ⅓ der unteren Breite der hintere Mauertheil, welcher nur passiv anhängt, erspart werden, wenn nicht etwa, wie bei Schleusen, Wehren etc., eine besonders dichte Hinterfüllung geboten ist; es ist jedoch alsdann nöthig, unter der Vorderkante einen besonders soliden Fuss herzustellen und zum sicheren Aufmauern in der Aussparung einzelne Hinterpfeiler aufzuführen (Fig. 127). Letztere sind zu dem-

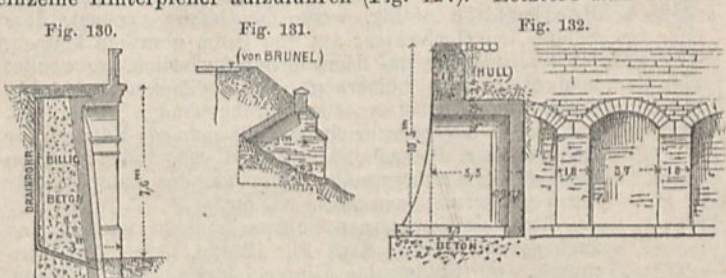
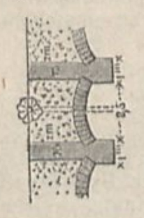


Fig. 130. Fig. 131. Fig. 132.



selben Zweck fast nur bei sehr schrägen Mauern zweckmässig, im Uebrigen aber völlig unnütz. Dagegen sind vordere Pfeiler immer gut, wenn nicht der Zweck der Mauer (Anlegen von Schiffen, unterer Fussweg in Städten etc.) ihrer Anlage entgegen steht. Der Abstand der Pfeiler von einander wird höchstens gleich ihrer Höhe bemessen. Die Konstruktion gewährt eine bedeutende Materialersparung, wenn zwischen starken geböschten und absatzweise verjüngten Pfeilern horizontale Gewölbe (Fig. 130) eingespannt werden, die nicht dicker zu sein brauchen, als zur

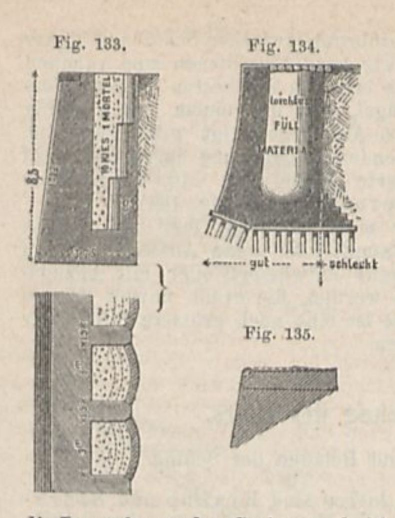


Fig. 133. Fig. 134. Fig. 135.

Festigkeit nöthig. Auch schräge Gewölbe sind in manchen Fällen günstig, z. B. an Abhängen (Fig. 131), ferner vertikale oder fast vertikale Gewölbe, z. B. bei Hafenmauern (Fig. 132). (S. auch Grundbau, Senkpfeiler). Eine nicht unbedeutende Material-Ersparniss erzielt man ferner durch die Anlage hohler Räume in der Mauer; dieselben sind mit einem Mörtel aus 1 Theil Kalk und 10 Theilen Sand auszufüllen (Fig. 133), können aber auch hohl bleiben und erhalten ein verkehrtes Gewölbe nach unten, wenn eine geringere Belastung des Fundaments durch Vertheilung des Drucks geboten erscheint (Fig. 134).

Bei der Ausführung der Mauern ist es in allen Fällen zweckmässig, die Lagerfugen der Steine nach hinten etwas zu neigen, bei geböschten Mauern am besten rechtwinklig zur Vorderfläche, und Steine von möglichst grossem spezifischen Gewicht zu verwenden, entweder lagerhafte Bruchsteine, aussen event. mit Quadern (im Läufer- und Binder-Verband) verblendet, oder feste Backsteine (im Stromschichten-Verband) mit Verblendung von gleich grossen Klinkern. Backsteine und Quader zusammen zu verwenden, ist nur im Nothfall zulässig.

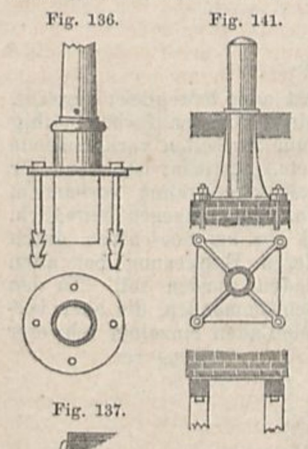
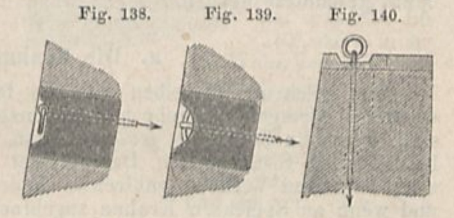


Fig. 136. Fig. 141. Fig. 137.


Fig. 138. Fig. 139. Fig. 140.

Als Mörtelmaterial ist bei Mauern im Wasser stets und auch sonst bei allen dicken Mauern hydraulischer Mörtel zu verwenden, welcher vor der Hinterfüllung erhärtet sein muss. Die Deckplatten sind immer aus möglichst grossen Steinen, wenn sie blos zur Passage dienen sollen, nur 10^{zm}, bei Hafenmauern bis 30^{zm} stark herzustellen, mit dichten Fugen und wo Schiffe anlegen sollen, ohne Ausladung event. mit einem vorderen Wulst zum Schutze gegen Ausgleiten (Fig. 135); die Geländer von Stein oder Eisen, in letzterem Falle bestehen dieselben zweckmässig aus hohlen gusseisernen Ständern, welche 15—20^{zm} tief in die Deckplatten eingelassen und mit einer ringförmigen Platte in der Oberfläche befestigt werden (Fig. 136). Wo Seeschiffe unmittelbar an der Mauer liegen sollen, sind sogen. Reibhölzer (Fig. 137) in Abständen von

5—10m nöthig, um eine direkte Berührung zwischen Schiff und Mauer zu verhüten. Sog. Ringsteine (Fig. 138—139) dienen zum Anhaken bezw. Anbinden kleiner Schiffe, sie erhalten am besten in einer Vertiefung einen festen vertikalen Bügel, der mit einem, wenn nöthig durch die ganze Mauer reichenden Anker befestigt wird (Fig. 139). Grosse Schiffe erfordern eine besondere Befestigung durch oben auf der Mauer liegende, tief verankerte Ringe (Fig. 140) oder durch hinter der Mauer stehende Landpfosten etc. (Fig. 141).

Die Hinterfüllung der Mauer muss möglichst fest und trocken sein, in (schrägen) Lagen fest gestampft und, wenn Ansammlung von Wasser zu befürchten, durch Drains entwässert oder mit Abzugsröhren durch die Mauer versehen werden, die event. mittels Klappe sielartig zu schliessen sind. Sonst ist eine noch grössere Stärke für die Mauer nöthig, als bei Schleusen.

2. Die Benutzung des Ufers,

und zwar zum Ent- und Beladen der Schiffe.

Die wichtigsten Vorrichtungen hierzu sind Krahne und Sturzgerüste. Erstere dienen sowohl zum Ent- als Beladen der Schiffe, werden aber meistens nur für aus einzelnen Stücken bestehende oder durch Säcke etc. zu grösseren Quantitäten vereinigte Ladung benutzt, während aus einzelnen Theilen angehäufte Ladung (Kohlen, Erze, Steine, Bodenarten etc.) entweder — und zwar besonders bei Flussschiffen — mit Handkarren ein- und ausgeladen oder mit Sturzvorrichtungen vom Ufer (oder direkt aus den Eisenbahnwagen etc.) ins Schiff geschüttet werden.

a. Die Krahne.

Man konstruirt dieselben entweder fest oder beweglich; ersteres, wenn bei geringem Verkehr nur an einzelnen Punkten Krahne nöthig sind, wenn ein besonders grosser Krahn nur für selten vorkommende Lasten (z. B. Schiffsmasten, Dampfkessel etc.) bestimmt ist, wenn für sehr lebhaften Verkehr zahlreiche hydraulische Krahne vorhanden, und wenn an Speichern Krahne angebracht sind; dagegen beweglich, wo lebhafter Verkehr zu bewältigen und wo bei Seeschiffen durch die verschiedenen Luken des Decks (deren Entfernung bei allen Schiffen verschieden ist) gleichzeitig geladen werden soll. Zu den beweglichen Krahnen gehören auch die schwimmenden, die aber vorzüglich nur zu Bauzwecken oder zum Ueberladen einzelner schwerer

Fig. 142. Fig. 143.

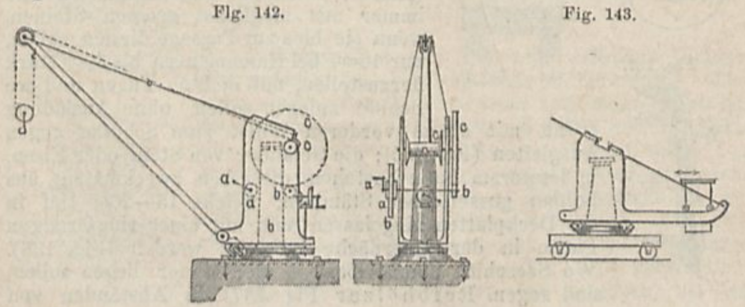


Fig. 144.

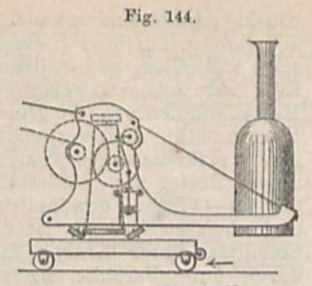


Fig. 145.

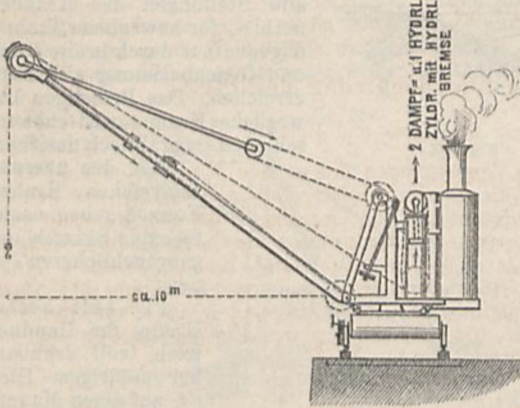
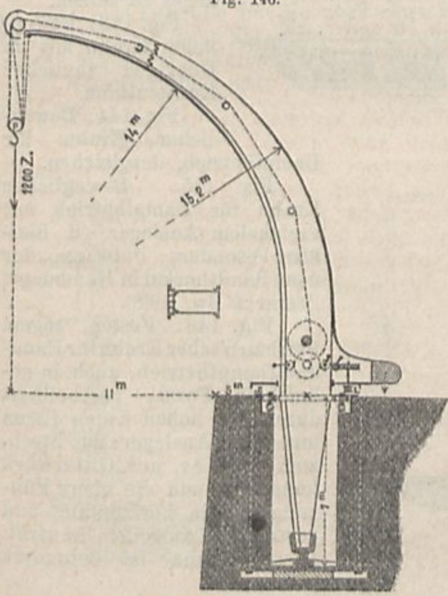


Fig. 146.



Gegenstände, besonders bei Kriegsschiffen dienen.

Der Betrieb der Krahne erfolgt mit Hand, Dampf und Wasserdruck (hydraulische Krahne). Mit Hand, wenn die Krahne nur selten gebraucht werden, mit Dampf bei häufigem Gebrauch und für grosse Lasten, mit Wasser in der Regel nur bei festen Krahnen, wenn eine grössere Anzahl derselben leicht durch eine Rohrleitung von einem Punkte aus (durch eine Dampfmaschine für die Druckpumpe mit Akkumulator) mit Druckwasser versehen werden kann.

Im Konstruktionsprinzipe unterscheiden sich die Krahne besonders noch dadurch, ob ihre Ausleger drehbar und zwar voll um 360° oder nur um etwa 180 bis 270°, dabei in ihrer Weite konstant oder variabel, oder ob ihre Ausleger ganz unbeweglich (wie bei den gewöhnlichen Mastenkrahnen), nur zum Heben und Senken, oder doch zum Vor- und Rückwärts-Neigen eingerichtet sind.

In allen Fällen ist für genügende Stabilität der Krahne zu sorgen, welche sich leicht aus dem Angriffsmoment der grössten Last und grössten Auslegerweite berechnen lässt. Ausser durch hinreichende Festigkeit aller einzelnen Konstruktionstheile, von denen alle gezogenen und gebogenen von Schmiedeeisen, nur ge-

Fig. 147.

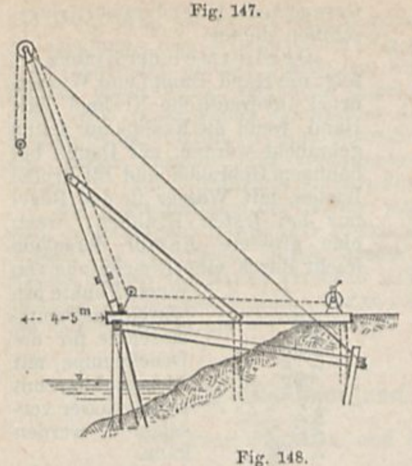


Fig. 148.

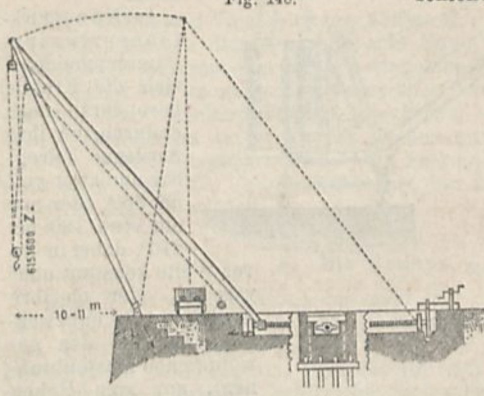
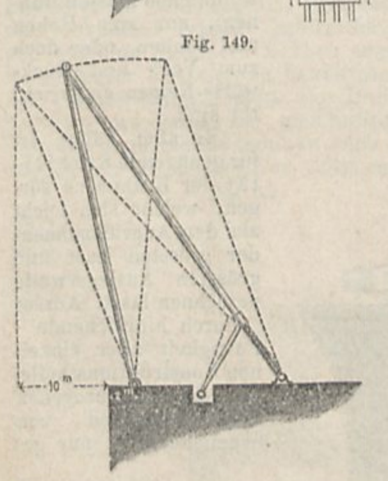


Fig. 149.



drückte oder besonders massige und kurze Theile von Gusseisen sein sollen, und zu denen Holz nur ausnahmsweise bei Mastenkrahnen etc., wo grosse Längen nöthig sind, verwendet wird, und für die wegen etwaiger Stösse, Rosten etc. mindestens die 3—4fache gewöhnliche Sicherheit zu fordern, ist die Stabilität fester Krahne nur durch gute Verankerung im Mauer- oder Holzwerk (für alle Stellungen des Krahnes nöthig), für bewegliche Krahne dagegen nur durch breite Basis und Gegenbelastung sicher zu erreichen. Das Befestigen beweglicher Krahne an Eisenbahnschienen ist praktisch unsicher.

Von den überaus zahlreichen Krahn-Formen geben nachfolgende Skizzen die gebräuchlicheren Typen:

Fig. 142: Fester Krahn für Handbetrieb, voll drehbar, bei niedrigem Ufer ev. auf einen Mauerkegel zu setzen.

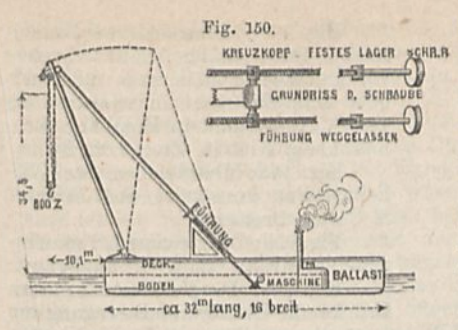
Fig. 143: Beweglicher Krahn mit im Uebrigen ähnlicher Konstruktion.

Fig. 144: Beweglicher Krahn für Dampfbetrieb, desgleichen.

Fig. 145: Beweglicher Krahn für Dampfbetrieb mit variabelem Ausleger. (S. hierüber besonders: Dalmann, „der neue Sandthorkai in Hamburg", Ztschr. f. Bw. 1868).

Fig. 146: Fester, sogen. Fairbairn'scher Krahn für Hand- und Dampfbetrieb, auch in geknickter Form, vortheilhaft durch den hohen freien Raum unter dem Ausleger; aus Blech, zum Theil ev. aus Gitterwerk konstruirt und die obere Führung durch horizontale und vertikale Laufrollen bewirkt. Dieser Krahn ist besonders

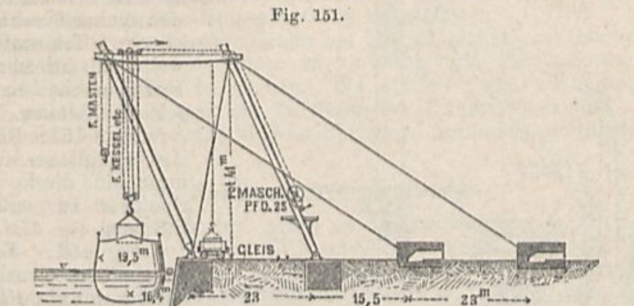
Fig. 150.



für grosse Lasten bis 1200^{Z} vortheilhaft, doch ist Vorsicht gegen die horizontalen Schubkräfte desselben auf das Mauerwerk nöthig. (S. Ztschr. f. Bw. 1854 u. Ztschr. d. H. A.- u. I.-V. Bd. V).

Fig. 147: Hölzerner Mastenkrahn. Der Ausleger besteht aus einem zweibeinigen Bock, der zwar unbeweglich ist, aber wegen eintretender Biegung etc. unten in einem Scharnier oder offenen Lager ruht, oben durch 2 Drahtseile nach hinten verankert und gegen Winddruck durch 2 schräge Hinterstreben versteift ist; die Winde steht meist weiter zurück auf dem Ufer, dann

Fig. 151.



ist vorn eine Leitrolle für die über einen Flaschenzug gehende Windekette nöthig. (S. auch Flussbau). Der Krahn steht auf hölzernem oder besser, massivem Unterbau; für grosse Höhe wendet man ganz ähnliche Konstruktionen mit Krahnsäulen aus Blechröhren statt aus Holz an.

Fig. 152. Fig. 153.

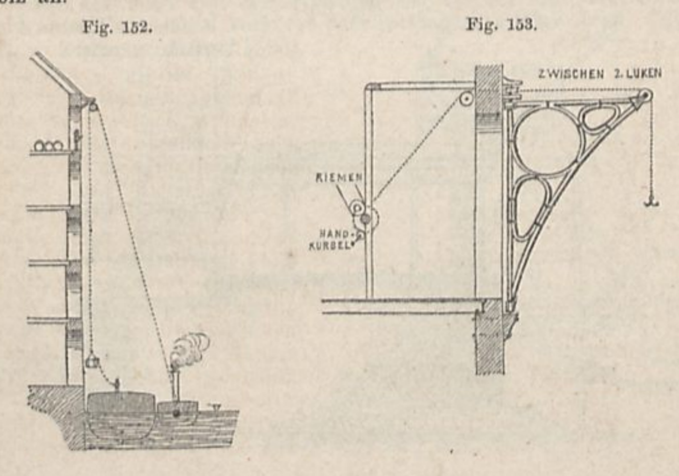


Fig. 154.

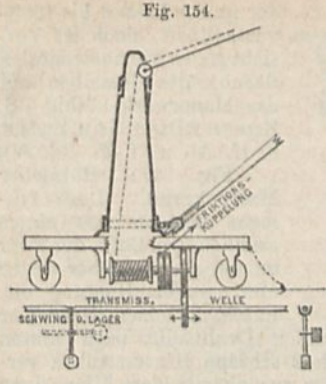


Fig. 148: Masten- und Kessel-Krahn für Seehäfen, mit Schraube vor und zurück zu neigen, für Hand- oder Dampfbetrieb und Lasten bis 1600^{Z}. Ausgeführt in Hamburg, Bremerhaven, Kiel (s. Ztschr. f. Bw.).

Fig. 149: Desgleichen, für Wilhelmshaven konstruirt von Waltjen & Co. in Bremen.

Fig. 150: Desgleichen bei schwimmendem Krahn (in Kiel) angewandt.

Fig 151: Desgleichen mit oberer Brücke für horizontale Bewegung der Last, theurer aber solide, ausgeführt in Toulon für Lasten bis 1400^{Z}.

Fig. 152: Krahn fur Speicherböden, mit Hand- oder Dampfbetrieb; in letzterem Falle werden mehre Krahne von einer Transmissionswelle mit Riemen und Friktionsscheiben betrieben. (Altona).

Fig. 153: Billigste Art beweglicher Krahne, um Schiffe direkt in die Speicher zu entladen. (Bremen).

Fig. 154: Verbindung eines beweglichen Krahns mit einer Transmissionswelle, welche durch schwingende Lager gehalten und durch eine feste Dampfmaschine gedreht wird.

Fig. 155.

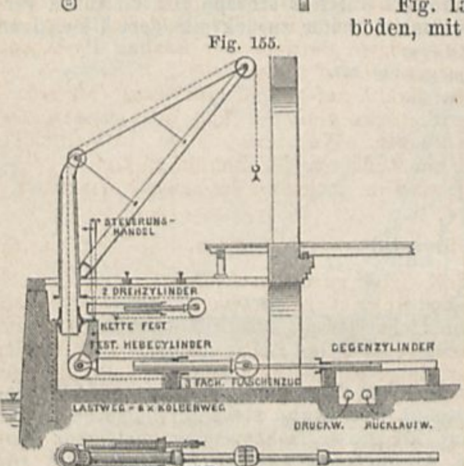
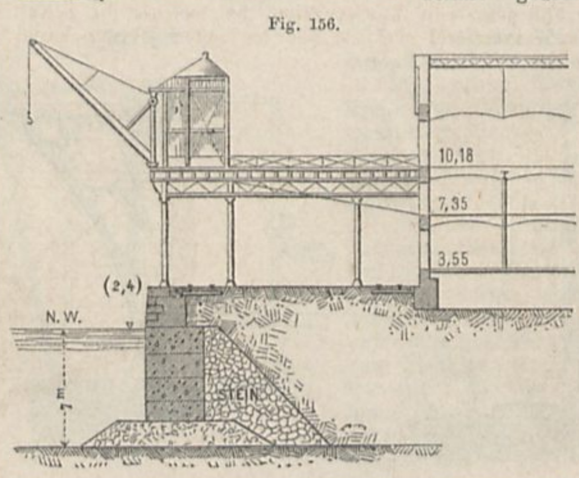


Fig. 156.



Diese Konstruktion ist u. U. billiger, als die von Krahnen mit eigener Dampfmaschine, aber nicht so bequem und sicher im Betriebe.

Fig. 155: Hydraulischer Krahn mit Treibzylinder (und Gegenzylinder) und Drehzylinder. S. Ztschr. d. H. A.- u. I.-V. VI. (Harburg) und XII (Geestemünde) und Engineer 1866 (London Docks). Man geht bis reichlich 40 Atm. Druck, um an Dimensionen für Zylinder etc. zu sparen. Durch Steuerung mit Hand, wodurch der Zutritt und Rücklauf des Druck- und Rücklauf-Wassers mittels Schieber regulirt wird, ist die Bewegung im Augenblick beliebig zu beschleunigen oder zu mässigen; das Bewegungsmoment der Last nach Absperrung der betreffenden Schieberöffnung wird gegen Stösse durch 2 sog. Stossventile unschädlich gemacht, wovon das eine bei raschem Sinken der Last sich nach dem Druckrohr hin öffnet und Rücklauf-Wasser aus dem Treibzylinder auslässt, das andere bei raschem Heben aus dem Rücklaufrohr Wasser in den Treibzylinder einsaugt. Akkumulatoren dienen dazu, um den Druck in der ganzen Rohrleitung für alle Krahne gleichmässig zu erhalten und durch zeitweilige Aufspeicherung des Druckwassers bei ungleichmässigem Betriebe der Krahne der Dampfmaschine einen gleichmässigeren Gang zu gestatten.

Fig. 156: Hydraulischer Krahn auf besonderem Gerüst (Marseille), um auf dem Kai keinen Platz zu verlieren und aus grossen, fast leeren Schiffen laden zu können. Wo starker Frost zu befürchten, sind Vorkehrungen gegen ein Zufrieren der Röhren zu treffen.

Hydraulische Aufzüge sind in Speichern besonders vortheilhaft.

b. Kohlensturzvorrichtungen.

Man hat besonders drei Arten zu unterscheiden:

1) mit Trichter oder Schuttrinne, wobei der mit Bodenklappen versehene Wagen nicht bewegt wird. Diese Konstruktion ist nur für geringen Wasserwechsel brauchbar, schont aber Kohlen und Schiff; das Gleis liegt dabei parallel zum Ufer, um gleichzeitiges Schütten aus mehren Trichtern in ein Schiff zu ermöglichen, auch können die Wagen in die geschlossenen Trichter entleert werden, ohne dass ein gleichzeitiges Füllen der Schiffe stattfindet. (Fig. 157, angewandt in Saarbrücken, s. Ztschr. f. Bauw. 1866).

Fig. 158 zeigt eine Konstruktion, bei welcher die Schuttrinne je nach dem Wasserstand verkürzt oder verlängert werden kann. (Ruhrort, s. Ztschr. f. Bauw. 1870).

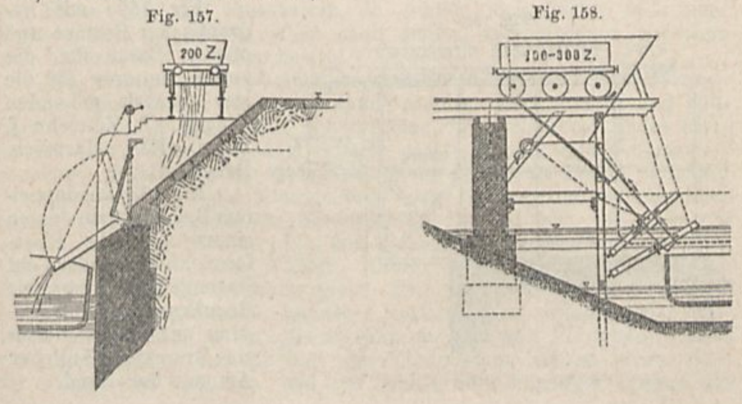


Fig. 157. Fig. 158.

2) zum Kippen der Wagen, besonders für kleine Wagen, welche direkt von der Grube kommen.

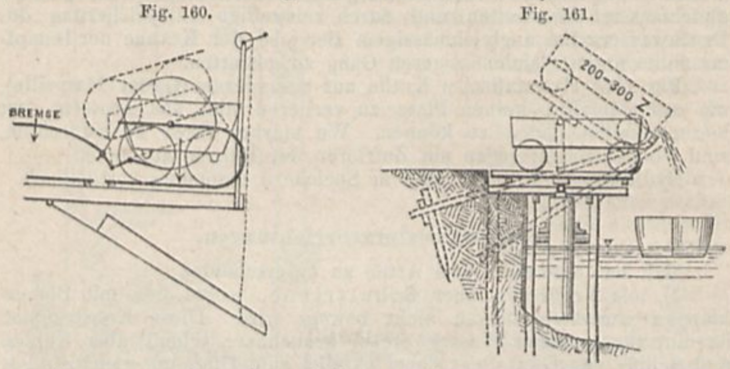
Fig. 159.

Die Vorrichtung Fig. 159 wird an der Saar bei Louisenthal im Unterwasser angewendet, wo grosse Schwankungen eintreten; der herabgehende volle Wagen zieht den leeren hinauf.

Fig. 160 ebendaselbst im Betriebe, ist aber nur bei geringem Wasserwechsel brauchbar; die Bewegung wird durch Handhabung einer Bremse gemildert.

Fig. 161. Die Plattform ist mittels hydraulischen Zylinders um 45° drehbar, die Konstruktion jedoch nur bei geringem Wasserwechsel anwendbar, wenn sie nicht schädlich für Kohle und Schiff sein soll. (S. Ztschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins z. Hann. XIII).

Fig. 160. Fig. 161.



3) zum senkrechten Hinunterlassen des Wagens auf die Plattform.

Die Bewegung nach abwärts wird dabei mittels Bremse regulirt, der leere Wagen durch ein Gegengewicht heraufgehoben. Derartige Anordnungen sind nur für kleine Gruben, aber für grossen Wasserwechsel anwendbar und besonders in England zum Beladen von Seeschiffen gebräuchlich.

Fig. 162.

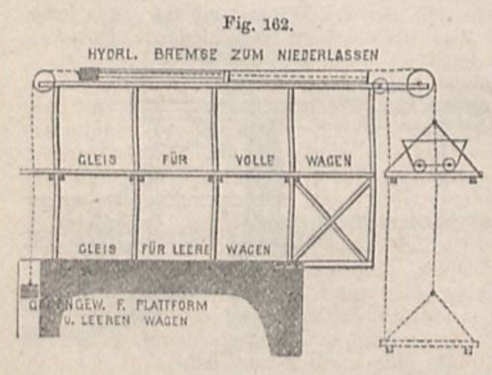
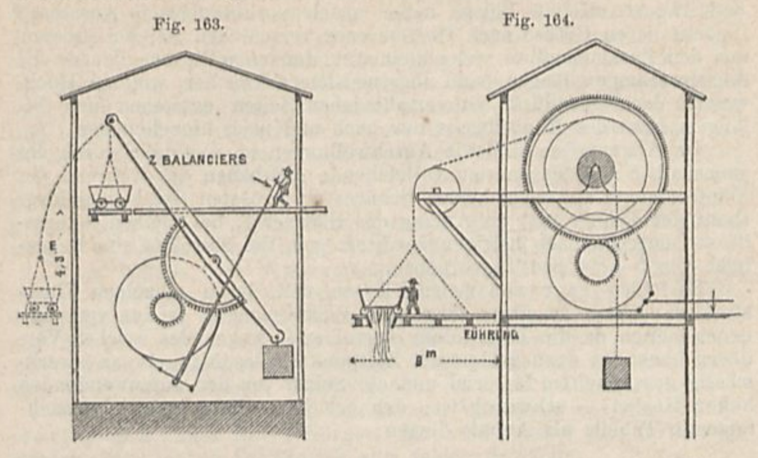


Fig. 162: mit hydraulischer Bremse und oberer Bahn für die vollen, unterer für die leer zurück gehenden Wagen. (S. Zeitschr. f. Bauw. III. Hartwich, Reisenot.).

Fig. 163: mit doppeltem Balancier, an dessen einem Arm die Plattform, an dem andern ein Gegengewicht hängt. Die Regulirung der Bewegung geschieht durch eine Bremse gwöhnlicher Art mit der Hand.

Fig. 164: Plattform und Gegengewicht sind an Trommeln gehängt; diese Konstruktion gestattet am leichtesten die grösste Vertikalbe-



wegung. Die Bremse wird mit dem Fuss regiert. (S. Ztschr. d. Hann. A.- u. I.-V. III. Tellkampf, Reisenot.).

Ausserdem s. Burat, cours d'exploitation des mines.

IV. Flussbau.

1. Allgemeine Eigenschaften der Flüsse.

Indem jeder Fluss aus dem Zusammenfliessen mehrer kleiner Flüsse oder Bäche entsteht, welche je ihr besonderes Zufluss-Gebiet (Fluss-Gebiet) haben, und diese Gebiete hinsichtlich ihrer Höhenlage, Grundform, Neigung, des atmosphärischen Niederschlages, ihrer Bodenart und Vegetation etc. eben so verschieden sind, als die jeweiligen Flussthäler und Flussbetten, so erklärt sich leicht, dass jeder Fluss seinen besonderen, aber nach seinen verschiedenen Strecken sich ändernden Charakter besitzt.

Die wichtigsten Erscheinungen und deren Ursachen sind:

Je höher in der Regel das Quellengebiet, desto grösser und häufiger ist der atmosphärische Niederschlag, in Deutschland findet hierbei ein Unterschied um das Dreifache statt; je kürzer, kreisförmiger, geneigter, je fester in der Oberfläche (Fels, gefrorener Boden etc.) und je vegetationsärmer das Flussgebiet, desto rascher und vollständiger gelangt der atmosphärische Niederschlag zum Abfluss (bei gleichem atmosphärischen Niederschlag tritt hierdurch ebenfalls 3—4facher Unterschied ein). Grosse Wälder, Moore, Sandflächen etc. halten den atmosphärischen Niederschlag ganz oder theilweise in sich zurück, grosse Inundationsflächen, Landseen verlangsamen sowohl seinen weiteren Abfluss nach unten, als sie ihn auch durch Verdunstung sich verzehren lassen. Der Einfluss der Verdunstung ist so gross, dass für Flüsse und Bäche in und aus flacher oder hügeliger Gegend die

vorhandene Wassermenge im Allgemeinen dann am kleinsten ist, wenn die atmosph. Niederschläge am grössten sind, so in den Monaten Juli und August. Kleine Flüsse haben rasch vorübergehende Anschwellungen, deren Grösse nach Obigem sehr verschieden ist; bei grossen, aus dem Zusammenfluss vieler kleiner entstandenen Flüssen dauern die Anschwellungen länger, sind aber meistens schwächer, weil die Hochwasser der Nebenflüsse zu verschiedenen Zeiten entstehen und bei langem Lauf des Hauptflusses nur nach und nach hinzukommen.

Im Allgemeinen sind die Anschwellungen im Frühjahr durch das innerhalb 8—14 Tagen sich vollziehende Aufthauen des während der Wintermonate aufgespeicherten Schnees am grössten (im Hochgebirge thaut der Schnee erst zu Anfang des Sommers); bei kleinen Gebirgsflüssen dagegen nach heftigen Gewitterregen, die zuweilen eine Regenhöhe von 5—7^{zm} pro Tag ergeben.

Es fehlen zwar von vielen Flüssen und deren einzelnen Flussstrecken sichere Angaben über ihre Wassermengen in den verschiedenen Zeiten, da die Ermittelung derselben — wegen des raschen Vorübergehens des dazu geeigneten Zeitpunkts, des Mangels an zweckmässig gesammeltem Material und der Scheu vor den aufzuwendenden hohen Kosten — schwierig ist; dennoch kann im Allgemeinen nachfolgende Tabelle als Anhalt dienen:

Deutsche Flüsse führen pro Sekunde und pro □ Meile Zuflussgebiet	bei kleinstem Wasser kb^m	bei grösstem Wasser kb^m	Verhältniss beider rot.	Bemerkungen.
nahe bei den Quellen in gebirg. Gegend (nicht Gletscher)	0,12—0,22	20—33	1 : 150	Gr. Nschl., rascher u. voller Abfluss.
in bergiger oder steiler hügeliger Gegend	0,12	10—13	1 : 90	Mäss. Niederschl., rascher Abfluss.
in nicht steiler hügeliger Gegend	0,1	6,5—10	1 : 75	Mäss. Nschl., langsamer, unvollk. A.
in flacher Gegend	0,09	3,3—6,5	1 : 50	Kl. Niederschlag wie vorhin.
in flacher, sandiger oder mooriger Gegend	0,065—0,08	2—3,3	1 : 35	Kl. Nschl., grossenth. absorbirt.

Von den zeitweiligen Wassermengen hängen hauptsächlich die Wasserstände ab. Man unterscheidet besonders:

den sog. normalen oder gewöhnlichen Wasserstand, d. h. ein Stand, welcher im Jahre ebenso oft überschritten, als nicht erreicht wird. Derselbe ist sowohl für Regulirungs-Bauten als auch für die Schiffahrt von Bedeutung.

den sog. mittleren Wasserstand, aus sämmtlichen Tagesbeobachtungen gefunden. Derselbe ist etwas höher als der erstere und besonders für die Wirkung der Regulirungs-Bauten von Bedeutung.

den niedrigen Sommerwasserstand, aus einer gewissen Gruppe niedriger Wasserstände im Sommer gefunden und wichtig für Bauausführungen und Schiffahrt.

den absolut niedrigsten Wasserstand, zu berücksichtigen bei der Berechnung der Abgabe von Wasser für Kanäle etc.

den absolut höchsten, desgl. für Deiche, Brücken und sonstige Bauten.

Das Gefälle des Flusspiegels, bei welchem der Höhenunterschied zwischen 2 Punkten als absolutes Gefälle, das Verhältniss des Höhenunterschiedes als 1 zur betr. Länge als relatives Gefälle bezeichnet wird, ist zum grössten Theil durch die natürliche Gestaltung des Flussbettes und Thales gegeben — meistens nahe den Quellen grösser als an der Mündung, zuweilen jedoch gerade umgekehrt und ohne feste Regel, — durch künstliche Einwirkung zu ändern und endlich etwas abhängig von dem Stande der Anschwellung. Es ist stets für dieselbe Stelle und denselben Wasserstand grösser beim Steigen als beim Fallen, in engen Strecken stets grösser als in benachbarten weiten, also je nach der Thalbildung bei Hochwasser bald grösser bald kleiner als bei Niedrigwasser, und nicht immer folgt das schwer zu ermittelnde mittlere Sohlengefälle dem Spiegelgefälle.

Vom Gefälle, der Wassermenge und der Profilform hängt die Geschwindigkeit des Wassers oder die Strömung ab. (S. Bewegungslehre der flüssigen Körper, Bd. I, S. 310 u. folg.). Sie wechselt also für jede Stelle mit dem Stande der Anschwellung und ist im Allgemeinen kurz vor dem grössten Hochwasser am grössten, kann aber u. U. bei niedrigem Wasser grösser sein als bei hohem.

Von der Strömung abhängig ist das Verhalten der sog. Sinkstoffe, d. h. aller festen Körper, die vom Wasser mit fortbewegt werden, vom groben Gerölle bis zum feinen Schlamm.

Da sich der Widerstand der im Wasser befindlichen Körper zu der sie fortstossenden Kraft des Wassers im Durchschnitt verhält wie die 3. Potenz zur 2. Potenz des mittleren Durchmessers der Körper, so bleiben grössere Steine schon liegen, wenn kleinere noch fortgestossen werden, und es entspricht im Allgemeinen die Grösse der zu jeder Zeit bewegten Sinkstoffe der Grösse der zeitweiligen Strömung. Es sind also zu verschiedenen Zeiten in derselben Flusstrecke, und zu derselben Zeit in verschiedenen Flusstrecken, und selbst in einem einzigen unregelmässigen Profile nebeneinander verschiedene Sinkstoffe in Bewegung oder in Ablagerung. Aber es bewegt auch eine und dieselbe Geschwindigkeit gleichzeitig verschiedene Sinkstoffe, indem die feinsten (durchaus relativ) schwimmen. andere noch springen, die (relativ) gröbsten aber nur rollen oder ruckweise gleiten.

Die grösste Ablagerung findet fast stets nach Ablauf des Hochwassers statt, sowie während des Hochwassers die grösste Vertiefung einzelner Stellen; die grösste Verflachung untiefer Stellen (abgesehen vom niedrigen Wasserstande) tritt jedoch beim kleinsten Wasser ein.

Aus der Ablagerung der Sinkstoffe bei schwächerer Strömung und der Trägheit des bewegten Wassers (seiner Zentrifugalkraft) folgt das Bestreben des Flusses, in Krümmungen das konvexe Ufer vorzuzuschieben, das konkave dagegen mehr abzubrechen, sowie vor ersterem eine zu geringe, vor letzterem eine zu grosse Tiefe zu erhalten, und innerhalb der durch die Natur vorgeschriebenen Richtung des Flussthales, sowie bei kleinem Wasser innerhalb des Flussbettes Serpentinen zu bilden. Die hierbei entstehende Linie der grössten Tiefe und Strömung heisst der Stromstrich. Da ferner zu grosse Breite des Flusses eine Abnahme der Tiefe und der Strömung bedingt, verursacht sie auch fernere Ablagerung, und zwar, wenn diese nur an einem Ufer stattfindet, eine Krümmung, wenn sie aber in der Mitte des Bettes geschieht, eine Sandfeld- oder Insel-Bildung. Letztere ist besonders ungünstig, weil die Tiefe in den einzelnen Armen im Durchschnitt stets kleiner ist als im ungetrennten Fluss, und ausserdem ein unbeständiges Verhalten der Arme gegeneinander erfolgt. Auch sind Inseln schwerer zu beseitigen, als vom Ufer vorspringende Untiefen.

Wenn zwei Flüsse zusammenkommen, so bildet sich unterhalb der Vereinigung stets eine Ablagerung, weil ihr Hochwasser zu verschiedenen Zeiten eintritt und das gemeinschaftliche Profil zu gross ist für das einseitige Hochwasser. Je ungleichartiger die beiden Flüsse sind, desto ungünstiger sind diese Verhältnisse.

Das sog. Normal-Profil findet sich nur in geraden Strecken, wo Flussthal und Flussbett nicht zu eng oder zu weit sind und der Boden fest genug ist, um dem Angriff des Wassers zu widerstehen; es erfolgt also dann weder ein Abbruch der Ufer, noch eine Verlandung derselben.

Das Eis bildet sich im Flusse anders als auf stillstehendem Wasser, bei letzterem geschieht die Eisbildung nur in der Oberfläche und von dieser nach unten zunehmend, in Flüssen dagegen besonders als sog. Grundeis, welches in Klumpen aufsteigt und Schollen bildet, die an engen oder seichten Stellen die Oberfläche des Flusses zeitweilig bedecken. Erst dann bildet sich auch an der Oberfläche eine zusammenhängende Decke. Beim Aufbrechen derselben werden für Bauwerke, namentlich für die Brücken, anfangs die grossen Schollen, deren Grösse oft der Flussbreite beinahe gleich kommt, gefährlich, später ist das gegenseitige Klemmen der Schollen in engen und seichten Stellen, wo unter der glatten Eisdecke grosse Klumpen Grundeis hängen, zu fürchten; es tritt dann Eisversetzung, und wenn diese nicht bald gehoben wird, eine Eisstopfung ein, die oft bis auf den Boden geht und eine Länge von vielen Kilometern erreicht. Das Wasser wird dadurch allmählig zu solcher Höhe aufgestaut, dass es die Deiche überströmt und Ueberschwemmungen veranlasst. Eine Sprengung der Eisdecke (durch tief unter Wasser eingebrachte Patronen) ist nur wirksam in der glatten Eisdecke und so lange, als noch Strömung genug vorhanden ist, um das losgesprengte Eis abzutreiben.

Wo Ebbe und Fluth vom Meere her in eine untere Flusstrecke eintreten, entstehen neue, oft sehr komplizirte Erscheinungen*). Jede in die Mündung des Flusses tretende Fluthwelle, deren Länge anfangs viele Kilometer, deren Zeitdauer rot. 12 St. 25 Min. und deren Höhe an der deutschen Küste bei gewöhnlichen Fluthen etwa 2,5—3^{m} beträgt, läuft unter stetiger Abnahme ihrer lebendigen Kraft (nicht auch immer ihrer Höhe) bis zu einem oberen Punkt des Flusses, wo sie in keiner Weise mehr wahrzunehmen ist. Hier ist die sog. Fluthgrenze, von der jedoch die Grenze der Fluthströmung, welche schon weiter abwärts liegt, verschieden ist. Bei grossen Flüssen laufen stets mehre Wellen gleichzeitig hintereinander, so dass auf verschiedenen Strecken zu derselben Zeit Strömungen nach verschiedenen Richtungen möglich sind. Auf dem vorderen Abhang der Welle ist, wenn nicht die Strömung des Oberwassers überwiegt, Fluthstrom, auf dem hinteren Ebbestrom. Weil der vordere Abhang der Fluthwelle durch das Gefälle des Flussbettes, die entgegenkommende Strömung etc. verkürzt wird, so ist auch die Dauer der Fluth kürzer als die der Ebbe; sie beträgt u. U. nur einen Moment, wobei die Fluthwelle brandet (sog. Bore oder Mascaret).

Die Form der Fluthwelle, d. i. das Bild aller Punkte der Welle für einen Augenblick, kann aus den gleichzeitigen Beobachtungen dieser Punkte gefunden werden. Die sog. Fluthkurve, die das Bild des Steigens und Fallens während einer ganzen Fluthperiode von einem Punkte aus betrachtet, wird durch Auftragung der Zeit als Abszissen, der Höhen als Ordinaten gewonnen.

---

*) Siehe hierüber Dalmann, „Fluss-Korrektionen im Fluthgebiet“.

Die einzelnen Fluthwellen und Fluthkurven sind untereinander sehr verschieden, weil der Zufluss von oben und besonders die Fluthstärke im Meere sich ändern.

Wächst das Oberwasser, so rückt die Fluthgrenze, sowie die Grenze des Fluthstromes abwärts; die Scheitel, besonders aber die Fusspunkte der Wellen steigen zugleich, und zwar um so höher, je näher sie der Fluthgrenze liegen. In der Mündung verschwindet die Wirkung des Oberwassers oft ganz.

Wächst die Fluthgrösse in der Mündung (zur Zeit der Springfluthen oder durch Wind), so rückt die Fluthgrenze (und die Grenze des Fluthstromes) weiter aufwärts, wobei aber ebenfalls Scheitel und Fuss der Wellen steigen.

Jede vorangegangene höhere Fluth wirkt auf die nachfolgende ähnlich wie höheres Oberwasser, so dass z. B. bei Springfluth, in gewisser Entfernung von der Mündung, höhere Niedrigwasserstände als bei tauber Fluth entstehen, während dies im Meere gerade umgekehrt der Fall ist.

Die Wassermenge ist in jedem Augenblicke eine andere (daher praktisch auch nicht wie in oberen Strecken durch Geschwindigkeitsmessungen etc., sondern nur durch Beobachtung der Hebungen und Senkungen des ganzen oberhalb bis zur Fluthgrenze sich erstreckenden Spiegels und durch Messung des konstanten oberen Zuflusses zu bestimmen); ausserdem kann sie aber durch Veränderung des Flussbettes innerhalb gewisser natürlicher Grenzen vergrössert oder verkleinert werden. Durch ihre Vergrösserung wächst die Kraft des Stromes, also auch (ev. mit Nachhülfe) die Tiefe des Bettes.

Mit der grösseren Wassermenge ist aber zugleich eine Erhebung des Scheitels der Welle verbunden, so dass daraus ein doppelter Gewinn an Wassertiefe für die Zeit des Hochwassers erwächst. Diese Wassertiefe pflegt für grössere Schiffe die allein brauchbare zu sein (Tide-Fahrt), so dass dieselben kurz vor dem Scheitel der Welle hinauf und kurz nach demselben hinabfahren.

Die Ursachen bezw. Mittel, welche die lebendige Kraft der Welle möglichst wenig abschwächen und dadurch die Wassermenge und Fluthhöhe vergrössern, sind besonders: gerader Lauf — wenigstens sanfte Krümmung, nicht plötzliche Biegung; — grosse Weite in der Mündung mit allmähliger Abnahme nach der Fluthgrenze hin regelmässige Tiefe und Form des Bettes, besonders einheitlicher Schlauch ohne Untiefen und Spaltungen; Offenhaltung aller Wasserflächen nach unten hin, so dass sie sich mit Fluthwasser füllen und dasselbe bei Ebbe als Spülwasser zur Verstärkung des Ebbestromes, der die Sinkstoffe ins Meer schafft, abgeben.

2. Hydrometrische Arbeiten.

a. Situation zur Aufstellung von Regulirungs-Plänen.

Für lange Strecken geschieht die Aufnahme der Situation mit Hülfe eines Dreiecknetzes, dessen Maasstab für grosse Flüsse etwa zu 1 : 5000, für kleine Flüsse dagegen grösser, etwa 1 : 2000 gewählt wird. Oberhalb und unterhalb der zu regulirenden Strecke ist stets noch eine gewisse Länge mehr zu kartiren, da die Aufnahme sonst unverständlich bleibt. Der Breite nach geht man entweder bis an die natürliche Begrenzung des höchsten Wassers, oder bei Winter-Deichen etwa 500^{m} weit nach innen. Das Flussbett und dessen Ufer

sind bei niedrigem Wasser zu messen und die Maasse in der Zeichnung auf einen bestimmten Wasserstand eines Hauptpegels zu beziehen. Alle festen Gegenstände, namentlich wasserbauliche, sind mit einzumessen, auch Kulturen, die auf den Abfluss des Wassers von Bedeutung sind. Wasserfreie Sände, deren Lage sich bald ändert, werden nur leicht eingetragen, besonders wenn die Karte gedruckt wird. Sehr gut ist es, wenn alle Terrainhöhen durch Zahlen oder Horizontalkurven angedeutet werden.

Die stets wechselnden Tiefen des Flussbettes sind nur zum jeweiligen Zweck anzugeben (nicht im Druck mit aufzunehmen), entweder für kleine Flüsse durch verzerrt eingetragene Querprofile mit eingeschriebenen Zahlen, oder für grosse Flüsse durch Horizontalkurven und farbige Schattirung (je grösser die Tiefe, desto dunkler). Ohne Uebersichtlichkeit der Tiefen ist keine verständliche Karte zu erreichen.

b. Nivellement.

Die Horizontale wird auf Null des wichtigsten, in der Regel untersten Pegels bezogen, nicht auf beliebige Gegenstände. Die Ausdehnung ist der der Karte gleich, in welche die Nivellements-Linien einzutragen sind. Die Stationirung wird nach den Umständen angenommen, möglichst mit Kilometern zusammenfallend, der Uebergang von einem Ufer auf das andere rechtwinklig zum Stromstrich.

Einzutragen sind zunächst alle festen Objekte: Pegel, Schleusendrempel, Wehrrücken, Fachbäume, Brücken-Unterkanten bzw. Scheitel, Kämpfer und Bahn, Wege, Leinpfade, mittlere Terrain- und Uferhöhe (womöglich beiderseits, aber verschieden gezeichnet) und namentlich verschiedene wichtigere Wasserspiegel. Dieselben werden zuerst aus Wasserstandsbeobachtungen ermittelt und sodann möglichst naheliegende Spiegel während eines abzuwartenden Beharrungszustandes, welcher an einem Tage so weit als möglich von oben nach unten durch Pfähle etc. festgelegt wird, einnivellirt und dieselben auf die vorhin ermittelten Höhen reduzirt. Das höchste Wasser kann bequem durch lehmbestrichene Pfähle markirt werden.

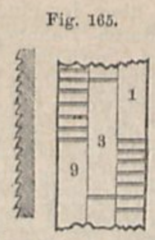
Bei Stauanlagen ist sowohl das Unter- als das Oberwasser festzulegen; der Stauspiegel des letzteren am besten durch Versuche.

c. Wasserstandsbeobachtungen.

Der Nullpunkt eines neuen Pegels wird am besten gleich dem Niveau des niedrigen Sommerwassers angenommen. Wenn sich letzteres mit der Zeit durch Regulirungen etc. ändert, so muss dessenungeachtet der Pegel unverändert bleiben; daher bei fast allen Pegeln die verschiedene Bedeutung für Null. Im Gebiet der Ebbe und Fluth entspricht der Nullpunkt meist der Höhe des ordinären Niedrigwassers. Bei Stauanlagen sind 2 Pegel für Ober- und Unterwasser nöthig, am besten mit gemeinsamem Nullpunkt.

Die Aufstellung der Pegel, welche auch aus mehren, event. in gewissen Abständen von einander, jedoch genau korrespondirend angebrachten Theilen (Winter- und Sommer-Pegel) bestehen können, geschieht an festen Objekten und an einem gegen Wellen, Eis, Schmutz etc. möglichst geschützten Orte, am besten senkrecht, u. U. (z. B. an Deichen) aber auch schräg. Bei der Theilung, die bei schrägen Pegeln natürlich nach der senkrechten Projektion genommen werden muss und bis zu Zentimetern, oder auch nur bis 2^{zm} hinab-

Fig. 165.



geht, werden die Dezimeter durch einen stärkeren Strich und dabei gesetzte Zahl hervorgehoben, die verschiedenen Meter aber abwechselnd rechts und links getheilt. Die Theilstriche werden aufgemalt, besser aber im Relief nach Fig. 165 dargestellt.

Die Beobachtungen müssen zu bestimmten Stunden, — wo Ebbe und Fluth herrscht, jeden Tag mindestens einmal bei Hoch- und Niedrigwasser — ausgeführt werden; die Tabellen über dieselben werden am besten nach folgendem Schema eingerichtet, bei welchem jeder Monat seine besondere Seite erhält.

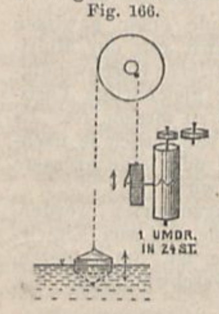
Monat . . . .

Dat.	+ über 0	— unter 0	Atmosphärische Vorgänge.
1	—	0,12	Frost, Ostwind.
2	0,26	—	Thauwetter, starker Westwind.
3	2,30	—	St. Nordwest, Regen, Eisaufbruch.
.			
.			
Mittel			

Der höchste und niedrigste Wasserstand eines Monats wird unterstrichen und aus allen Wasserständen desselben das Mittel berechnet.

Selbstregistrirende Pegel (Fig. 166) sind besonders im Ebbe- und Fluthgebiet von Nutzen; sie bestehen aus einer vertikalen, durch ein Uhrwerk in je 24 Stunden einmal umgedrehten Papiertrommel, gegen welche durch eine Feder ein Stift gedrückt wird, der von einem Schwimmer mit dazwischen geschalteter Räderübersetzung gehoben und gesenkt wird und auf die Trommel das Bild der Fluthkurve zeichnet. Die Kenntniss der letzteren ist für alle Arbeiten im Ebbe- und Fluth-Gebiet unerlässlich, aber sehr umständlich aus einzelnen Beobachtungen zu konstruiren.

Fig. 166.



Eine graphische Darstellung aller Beobachtungsresultate (mit der Zeit als Abszisse, den Höhen etc. als Ordinaten) ist sehr zu empfehlen.

d. Tiefenmessungen.

Die Messungen der Tiefen eines Flusses werden immer auf einen bestimmten Wasserstand desselben, und zwar, wenn sie zur Darstellung des Flussbettes dienen, auf den mittleren oder gewöhnlichen Sommer-Wasserstand bezogen, die gefundenen Zahlen also demgemäss reduzirt. Die Aufnahme geschieht gewöhnlich in Querprofilen, die genau rechtwinklig zur Stromstrecke liegen; nur bei sehr breiten Flüssen misst man die Tiefen in beliebigen Linien, nach denen dann die Horizontalkurven und Querprofile konstruirt werden. Die Entfernung der letzteren beträgt das Ein- bis Zweifache der Flussbreite, in starken Krümmungen weniger als in geraden Strecken, die Entfernung der einzelnen Messungen von einander 5—20^m, je nach den Umständen und dem Zweck: je unebener der Boden, desto geringer muss dieselbe sein.

Die einzelnen Messungspunkte werden durch eine über den Fluss gespannte eingetheilte Leine (unter Korrektur der durch Dehnung oder Verkürzung veränderten Theilung) festgestellt, in mehr als 200m breiten Flüssen, wo die Leine nicht mehr straff genug gezogen werden kann, durch Ausbaakung einer Linie und Einvisirung der Peilstellen vom Ufer aus (Fig. 167), am besten mittels Messtisch (Fig. 168); in breiten Flussmündungen seemännisch mit Kompass, Sextant und Log.

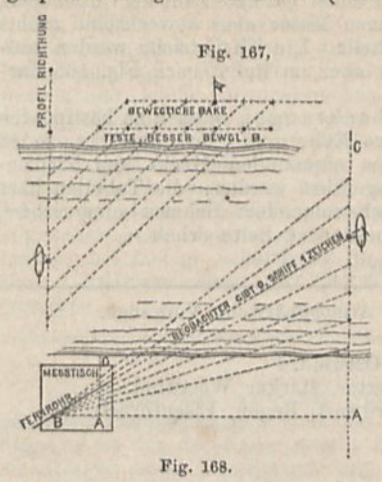


Fig. 167.

Fig. 168.

Zur Ausführung der Messung wendet man bis zu 6—7m Tiefe eine Stange, bei grösseren Tiefen ein an einer Leine befestigtes Loth an, welches vorausgeworfen wird, bis die Leine senkrecht steht; bei schlammigem Grund wird ein Brettchen flach unter der Stange befestigt, bei Felsboden am Schiff ein Rahmen, dessen Querstange beliebig zu heben und senken, so dass in bestimmter Tiefe alle Felsspitzen gefunden werden. (Ztschr. f. Bw. 1868).

e. Geschwindigkeits- und Konsumtionsmessung.

Die Wassermenge eines Flusses pro Sekunde einer gewissen Periode (s. Seite 59, allgemeine Eigenschaften) wird aus der Multiplikation der Profilgrösse mit der zugehörigen mittleren Geschwindigkeit gefunden. Dazu wird das Profil in einzelne gleichartige Vertikalstreifen zerlegt, deren Geschwindigkeit einzeln zu messen ist. Es dienen hierzu verschiedene Methoden, und zwar namentlich je nachdem in jedem Abschnitt nur eine Geschwindigkeit, oder eine grössere Zahl (aus denen das Mittel zu suchen) gemessen wird.

Für erstere Methode kann nach Hagen*) angenommen werden, dass die Geschwindigkeit der Oberfläche, wenn sie frei von Einwirkungen des Windes, Stauungen durch Schiffe etc. ist, am grössten, die mittlere Geschwindigkeit $= n \times$ obere Geschwindigkeit sei, wobei für

Tiefen von rot.	0,33	1,0	3,0	6,0	9,0	12,0m
$n =$	0,939	0,907	0,86	0,83	0,81	0,80

zu nehmen ist, und in $^5/_9$ der betr. Tiefe von oben liege. Demnach ist nur entweder in der Oberfläche oder in $^5/_9$ der Tiefe von oben die Geschwindigkeit zu messen.

Zum Messen dienen besonders: 1) Schwimmer auf der Oberfläche; jeder kleine Körper, z. B. ein Brett mit Fähnchen etc., welcher ohne Luftwiderstand treibt und für dessen Weg die Zeit beobachtet wird.

*) Ueber das Gesetz, wonach die Geschwindigkeit des strömenden Wassers mit der Entfernung vom Boden sich vergrössert, Berlin 1871.

Grosse Körper, z. B. Schiffe, schwimmen rascher als das umgebende Wasser;

2) Schwimmer in beliebiger Tiefe, die an einer feinen Schnur eine in der Oberfläche treibende, möglichst kleine Marke haben, deren Weg und Zeit wie vorhin beobachtet, aber als Weg und Zeit des unteren Schwimmers angesehen wird;

3) Schwimmer durch die ganze Tiefe, Cabeo'scher Stab, welcher ungefähr die mittlere Geschwindigkeit angiebt;

4) Apparate, welche in beliebiger Tiefe festgehalten werden und indirekt die dortige Geschwindigkeit angeben. Hierzu gehören die Pitot'sche Röhre (verbessert durch Darcy), in welcher das Wasser unten eintretend seinen Spiegel der Geschwindigkeit entsprechend über den äusseren Spiegel erhebt, und vorzüglich der Woltman'sche Flügel. Ueber diesen s. Hagen, Rühlmann, Ann. d p. et. ch. 1847, Bornemann Hydrometrie 1849 und Ztschr. f. Bauw. 1869. Letztere giebt die Beschreibung einer Verbindung des Flügels mit einem elektromagnetischen Zählapparat, wodurch die Umdrehungszahlen des Flügels in jeder Tiefe und jederzeit über Wasser ersichtlich sind.

Für alle Geschwindigkeits-Messungen gilt, dass das Wasser frei von Wirbeln, Gegenströmungen, festen Einbauen etc. ist; so ist für Messungen in der Oberfläche besonders Windstille Bedingung.

3. Flussregulirungs-Arbeiten.

a. Arten, Wirkung und allgemeine Anordnung.

Zu den Flussregulirungs-Arbeiten gehören auch die Uferdeckwerke, obwohl in der Praxis meist nur solche Arbeiten dahin gerechnet werden, welche die regelmässigere Gestaltung des Bettes (besonders im Interesse der Schiffahrt und Abwässerung) zum Zweck haben. Jedoch ist ohne feste Ufer ein guter Zustand des Bettes etc. nicht zu erreichen. Die Befestigung derselben geschieht so lange als möglich durch Bepflanzung, erst wenn dies nicht ausreicht, wendet man künstliche Deckung durch Steine oder Faschinen an. Letztere werden thunlichst nur bis zur mittleren Wasserhöhe aufgeführt, mit Steinen etc. bedeckt und, wenn das Ufer höher hinaufreicht, wird dieses abgeschrägt und bepflanzt. (S. Uferbau). Oft ist mit den Uferschutz-Arbeiten zugleich eine Regulirung des Bettes verbunden.

Die wichtigsten Regulirungswerke sind Parallelwerke und Buhnen. Durch beide wird die Breite des Flusses eingeschränkt, um dadurch eine entsprechende Vertiefung des Bettes zu erzeugen und die Stromrinne möglichst festzulegen. Bei beiden wird in der Regel die freie Breite, welche aus der Wassermenge, dem Gefälle und der angenommenen Tiefe berechnet wird, nach dem mittleren Wasserstande bestimmt, weil hierdurch die grösste Wirkung zu erzielen ist.

Für bedeutend höhere Wasserstände ergiebt sich dabei meist nur eine geringe Einschränkung des Profils, durch dessen regelmässigere Gestaltung oft sogar die Leistungsfähigkeit vergrössert wird; für erheblich niedrigere Wasserstände fehlt dagegen die Einschränkung oft ganz und es wird nur ein etwas regelmässigerer Lauf erzielt; daher alsdann ein fortdauerndes Serpentiniren der Stromrinne, vorzüglich bei lang anhaltendem kleinen Wasser, und meist zu geringe Tiefe. Aus diesem Grunde genügen Parallelwerke und gewöhnliche

Buhnen allein oft nicht, um erwünschte Zustände für die Schiffahrt zu schaffen (daher ihr Misskredit beim betheiligten Publikum) und erfordern vielmehr nach einiger Zeit eine Vervollständigung ihrer Wirkung durch sogenannte Grundschwellen oder Vorlagen, welche auch das kleine Wasser zusammenhalten. Sie bilden aber die Grundlage der Regulirung und müssen fast stets in der Ausführung vorangehen.

Die Wahl zwischen Parallelwerken und Buhnen hängt von vielen einzelnen Umständen ab. Im Allgemeinen sind Parallelwerke theurer in der Anlage und Unterhaltung, besonders bei tieferem Wasser; die von ihnen bewirkte Verlandung ist gering, wenn nicht — was stets zu empfehlen ist — durch Hinterfüllung mit Baggermaterial oder vom Ufer nachgeholfen wird; es bilden sich stagnirende Wasserflächen hinter denselben, auch tritt bei Hochwasser leicht eine Hinterströmung ein; erstere sind durch Ein- und Ausströmungs-Oeffnungen, die auch zur Beförderung der natürlichen Verlandung nützlich sind, zu vermeiden, letzterer muss durch die Anlage von Querdämmen entgegen gewirkt werden.

Dagegen üben die Parallelwerke, wenn sie gleichzeitig in grossen Strecken ausgeführt werden, eine raschere und gleichmässigere Wirkung auf das Flussbett und sind für die Schiffahrt bequemer als Buhnen. Ihre Anwendung empfiehlt sich besonders bei mässigen Tiefen und wenn der Fluss vorzugsweise grobes Geschiebe führt, welches in die Zwischenräume der Buhnen nur wenig hineingelangen würde; wenn eine künstliche Hinterfüllung möglich, und endlich wo nur geringer Abstand vom Ufer erforderlich ist, in welchem Falle kurze Buhnen auch schlecht verlanden und besonders lästig sind. Wo diese Verhältnisse nicht zutreffen, ist die Anlage von Buhnen vorzuziehen, da diese namentlich bei grossen Strecken durch geeignete Auswahl der zunächst zu bauenden Buhnen eine sparsame Ausführung bei verhältnissmässig bedeutender Wirkung gestatten; ferner üben sie durch Neigung in der Länge und flache Kopfböschung einen günstigeren Einfluss auf die Profilgestaltung aus, sie bewirken eine sehr gute Verlandung bei sehr geringen Unterhaltungskosten, zeigen ein günstigeres Verhalten bei Hochwasser und sind leichter nach Bedürfniss zu verlängern oder zu verkürzen.

Allgemeine Anordnung.

Parallelwerke werden möglichst nur vor einem Ufer und so angelegt, dass kleinste Krümmungen bei geringen Bautiefen erzielt werden; auch möglichste Nähe des Leinpfades ist erwünscht. Der obere Anschluss an das Ufer sanft, stromabwärts ist kein Anschluss nöthig. (Hierdurch sind an geeigneten Stellen leicht Flusshäfen zu gewinnen; das Parallelwerk muss aber dann so hoch sein, dass es Schutz gegen Eisgang und event. auch gegen Hochwasser gewährt.) Querdämme sind je nach der Gefahr der Hinterströmung, die in Konkaven am grössten ist, zu errichten, etwa in Entfernungen gleich der 2- bis 4fachen Flussbreite; oberhalb und unterhalb jedes Querdammes bleibt eine Oeffnung zum Aus- und Einströmen, welche auch der kleinen Schiffahrt dient. Die äussere Böschung des Parallelwerks wird je nach dem Angriff und der Konstruktion $1\frac{1}{4}$- bis 2malig, die innere 1malig angelegt; die Breite richtet sich nach den Umständen und beträgt in der Krone gewöhnlich 2^{m}.

Die Buhnen werden stets in sog. Systemen, von denen je eins sämmtliche Buhnen zwischen zwei natürlichen, in die Korrektionslinie

fallenden Ufervorsprüngen umfasst, und so angelegt, dass die Köpfe die sanftgekrümmte oder gerade Korrektionslinie bilden; je nach der Krümmung des Flusses, der Bautiefe etc. an einem oder an beiden Ufern; jedoch dürfen dieselben nicht so kurz werden, dass die Verlandung dadurch erschwert wird. Ihre Richtung ist stets inklinant, (nur in Fluthgegenden senkrecht und bei der Mündung eines Nebenflusses, Kanales etc. möglichst deklinant), so dass sie einen Winkel von etwa 75—80° mit der Korrektionslinie bilden, weil hierdurch die Strömung mehr nach der Mitte gewiesen, eine bessere Verlandung und besserer Uferschutz erzielt wird.

Die Entfernung der einzelnen Buhnen von einander wächst mit der Breite des Flusses und der Länge der Buhnen, so dass die Strömung anfangs nur noch schwach hineinfällt; deshalb wird dieselbe auch in konkaven Strecken mit stärker Strömung bis um die Hälfte geringer als in konvexen angenommen; sie beträgt etwa das 1½- bis 2½fache der Länge der Buhnen.

Wenn nicht aus Rücksichten für die Schiffahrt eine rasche und geschlossene Ausführung eines Bausystems durchaus nöthig ist, so ist eine grosse Ersparung an Baukosten zu erreichen, wenn in einem Jahre nur eine um die andere Buhne gebaut wird, und erst nach theilweiser Verlandung die Zwischenbuhnen ausgeführt werden.

Grössere Inseln sind schwer durch Buhnen von den beiden Ufern aus zu vertreiben, sicherer ist es, den einen Arm des Flusses ganz zu schliessen. Kräftige Baggerung ist zur Beschleunigung der Wirkung aller Buhnenanlagen sehr zu empfehlen.

Die Krone der Buhnen reicht am Kopf bis etwas unter den mittleren Wasserstand und steigt nach dem Ufer hin bis etwas unter dessen Höhe. Die Breite derselben richtet sich nach der Strömung und wahrscheinlichen Versackung, zuweilen von 6^m am Kopf bis auf 2^m abnehmend; Böschung am Kopf in Konkaven mindestens 3 malig, in Konvexen, wo eine Vertiefung erwünscht ist, steiler, an den Seiten vorn 1½, nach dem Ufer zu u. U. bis ½malig abnehmend. Flügel am Kopf herzustellen, ist verhältnissmässig zu theuer, auch bewirken diese eine schlechte Verlandung. Die Ausführung der Buhnen geschieht stets von oben nach unten.

Grundschwellen werden entweder angelegt, um nach ausgeführten Regulirungen durch Parallelwerke oder Buhnen das Bett auch für kleine Wasserstände einzuschränken, oder um überhaupt einzelne besonders tiefe Rinnen im Grunde zu versperren und zur Ausfüllung zu bringen. In dieser Eigenschaft sind dieselben zuweilen auch nützlich zur Einleitung einer Regulirung durch Buhnen und Parallelwerke. Ihre Entfernung richtet sich nach der Strömung, ihre Höhe nach der nöthigen Fahrtiefe bei niedrigem Sommerwasser, die nicht beeinträchtigt werden darf; die Krone ist horizontal anzulegen oder so zu neigen, dass die Strömung mehr nach dem tieferen Ende hingewiesen wird. Richtung der Grundschwellen stets quer zur Strömung.

Coupirungen werden in Nebenarmen eines Flusses angelegt, welche geschlossen werden und nur etwa dem Hochwasser noch den Abfluss gestatten sollen. Zur Sicherung des Erfolges ist meistens erwünscht, dass solche Arme verlanden, und ist alsdann nöthig, die Coupirung im unteren Ende anzulegen und eine mässige Ueberströmung in erster Zeit zu unterhalten. Deshalb, und weil hohe Coupirungen schwer auszuführen sind und durch hohen Uebersturz auch später in Gefahr kommen, ist es zweckmässig, die Coupirungen anfangs nur niedrig (als Grundschwellen) anzulegen und mit fortschreitender Verlandung zu erhöhen, oder aber auch einen neuen Damm

etwas oberhalb des alten zu erbauen. Die Krone muss an den Ufern stets höher sein als in der Mitte des Flusses.

In langen Armen legt man auch wohl 2 Coupirungen hintereinander, die obere niedriger als die untere an, oder sucht die Wirkung durch ein Separationswerk an der Spitze der Insel, wodurch der Strom in den Hauptarm gewiesen wird, zu fördern. Die erzielte Verlandung ist später durch Pflanzung zu verstärken etc.

Nur im Nothfalle sollte man die Coupirungen gleich auf ihre volle Höhe bringen, aber dann auch stets Material etc. vorräthig halten, um etwaige Schäden rasch beseitigen zu können.

Durchstiche sollen bedeutende Krümmungen eines Flusses abschneiden, wenn diese der Schiffahrt lästig sind, grosse Uferbaukosten veranlassen, oder für oberhalb belegene Landstrecken mangelhafte Abwässerung bezw. Inundation verursachen.

In allen Fällen wird durch Verkürzung des Laufes das relative Gefälle vermehrt, eine grössere Geschwindigkeit des Wassers und ein grösserer Angriff des Bettes bewirkt, wodurch auch entsprechend der Festigkeit etc. des letzteren eine Vertiefung nach oben entsteht und das relative Gefälle wieder abnimmt. Wo also sehr fester Boden, mit grossen Steinen etc. vorhanden ist, können sehr gefährliche Stromschnellen erzeugt werden. Ferner ist zu beachten, dass nach unten auf längere Zeit grosse Massen Sinkstoffe gelangen und auch das Hochwasser unten höher als früher werden kann, wenn oberhalb des Durchstiches grosse Inundationen rascher als sonst verlaufen bezw. ganz vermieden werden. Ohne diesen Umstand werden aber durch Durchstiche die unteren Wasser-Verhältnisse nicht geändert.

Die Linie des Durchstiches muss in möglichst günstigem Terrain, am besten in niedrigem, nicht zu hartem oder zu festem Boden liegen und sich oben und unten gut an den alten Lauf des Flusses ev. mit sanfter Krümmung anschliessen; sie kann, wenn mit der nöthigen Vorsicht verfahren wird, selbst den alten Lauf mehrfach schneiden. Letzterer ist stets, am besten oben und unten zu coupiren (s. Seite 69) und ev. mit Leinpfadbrücken zu versehen. Um seine Verlandung zu befördern, wird das aus dem Durchstiche gewonnene Material wenn thunlich gleich in das alte Bett geschafft, oder vorerst am Rande abgelagert. Unter günstigen Umständen braucht das Profil des Durchstiches der Breite oder meistens besser der Tiefe nach nur zum Theil (⅓—½) ausgehoben zu werden, den Rest kann man durch die Strömung beseitigen lassen. Es muss jedoch hierbei darauf geachtet werden, dass nicht Beschädigungen der unteren Flusstrecke eintreten, oder der Durchstich eine ungenaue Linie erhält, wenn die eintretende Strömung den alten Lauf wieder zu verfolgen sucht. Die Eröffnung des Durchstiches erfolgt dann bei mässigem Hochwasser; bei derselben soll Uferschutz-Material zur Hand sein.

Kanalisirungen der Flüsse bestehen in Erhebung des Spiegels und Konzentrirung des Gefälles auf bestimmte Punkte mittels Wehranlagen, neben denen Schiffsschleusen oder Schiffsdurchlässe, letztere besonders für Flösse, angelegt werden. Die Zahl und Entfernung der einzelnen Wehre etc. richtet sich nach den besonderen Verhältnissen des Flusses und wird so bemessen, dass der Aufstau jedes Wehres genügt, um oberhalb desselben bis zum nächsten Wehr bei niedrigem Sommerwasser noch eine gewisse Fahrtiefe zu erzeugen; jedoch ist nicht immer ein Rückstau bis zum oberen Wehr nöthig, wenn die betreffende Flusstrecke gut genug ist, oder in anderer Weise regulirt werden kann. Zuweilen bedarf es nur der Anlage

eines einzelnen Wehres unterhalb einer Stromschnelle oder einer Strecke mit felsigem Boden.

Die zulässige Stauhöhe ist gewöhnlich durch die höheren Wasserstände bedingt, bei denen mit Rücksicht auf Abwässerung bezw. Ueberschwemmung des benachbarten Landes und event. wegen des Rückstaus nach oberhalb gelegenen Mühlen nur ein gewisser Aufstau zulässig ist. Bei Hochwasser ist ein solcher mitunter gar nicht gestattet und das Wehr dann hiernach einzurichten.

b. Konstruktion und Materialbedarf.

Bei reiner Steinkonstruktion wird der untere Theil bis zur Höhe des niedrigsten Sommer-Wasserstandes durch Schüttung hergestellt, bei Parallelwerken und Buhnen der Kostenersparung halber oft mit einem inneren Kern aus Kies oder Geschiebe, dem sich nach aussen mehre Schichten immer grösserer Steine anschliessen, bis zu so grossen und schweren in der Aussenfläche, dass die Strömung nicht im Stande ist, sie fortzubewegen. Da eine Unterspülung und Beschädigung durch Eis oft nicht zu verhindern ist, so ist eine rechtzeitige Nachschüttung erforderlich.

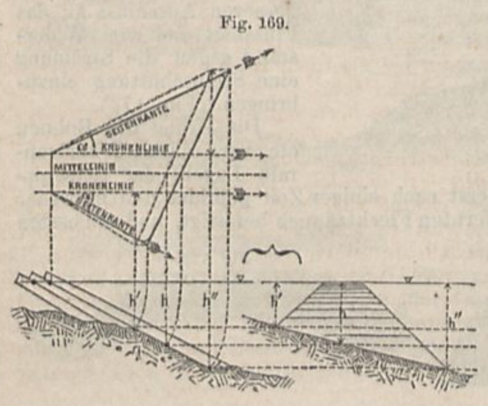
Die Dossirung ist zwar einmalig möglich, jedoch wo starker Angriff stattfindet, besser zweimalig, bei Buhnenköpfen selbst dreimalig zu nehmen. Der Rücken ist am besten rund und wird, nachdem die Schüttung sich gesetzt und etwas regulirt worden ist, abgepflastert. Das Pflaster stützt sich gegen ein zu diesem Zweck in Höhe des niedrigen Sommerwassers angeordnetes 0,5—1^m^ breites Bankett und besteht aus grossen, in der Oberfläche ebenen Steinen, die mit möglichst engen Fugen in Kies gebettet werden.

Auf 1 kb^m^ fertige Schüttung rechnet man etwa 1,25 kb^m^ Steine, auf 1□^m^ Pflaster etwa 0,3 kb^m^ Pflastersteine und 0,3 kb^m^ Kies. Bei Pflaster auf Faschinenwerk sind auf 1□^m^ 5 Pfähle einzuschlagen.

Bei den Faschinen-Konstruktionen unterscheidet man besonders Packwerk, Senkfaschinen und Senkstücke, und Spreutlage und Rauwehr.

Packwerk, welches besonders zu Buhnen und Parallelwerken verwendet wird, besteht fast stets aus schrägen, 1 : 2 bis 1 : 3 geneigten Lagen von 0,6 bis 1^m^ Dicke, welche auf der Oberfläche des Wassers schwimmend zusammengesetzt werden und nach ihrer Belastung durch schwere Erde sich um eine an der früheren Lage, bezw. an dem schrägen Ufer befestigte Kante drehen. Diese Kanten liegen etwa in der Höhe des niedrigen Wassers (welches zur Herstellung des Packwerkes abzuwarten ist); ihre Länge, quer zur Buhne, ist durch deren Kronenbreite und Seiten-Böschung gegeben, Die Ausdehnung und Form jeder Lage hängt von ihrer Neigung (am Kopf mögl. 1 : 3), der Wassertiefe h, event. h und h'', und dem Maass

Fig. 169.



der Seitenböschung ab (Fig. 169). Dabei werden die beiden Linien der Krone, u. U. nur die Mittellinie, sowie die Richtungen der Seitenkanten jeder Lage durch Baken festgelegt — bei grosser Entfernung der Baken für einige Lagen nur einmal, — nachdem Winkel α nach der Böschung berechnet ist.

Die aus Ausschuss- und Rückschuss-Lage (Fig. 170) gebildete Buschschicht wird nach Fig. 171 mit höchstens 1^m von einander entfernten, ca. 10—15^{zm} dicken, auf jede 20^{zm} durch Bindweiden zusammengeschnürten Würsten, oder mit Flechtbändern, die aus 3—4 Flechtruthen gebildet werden, belegt, und diese in Abständen von je 50—60^{zm} durch 1,25—$1,5^m$ lange, 5—8^{zm} dicke, zugespitzte Buhnenpfähle befestigt. Der äussere Rand wird durch eine doppelte Randwurst gesichert. Alsdann wird soviel Belastungserde aufgebracht (gekarrt oder vom Schiff geworfen) und eingestampft,

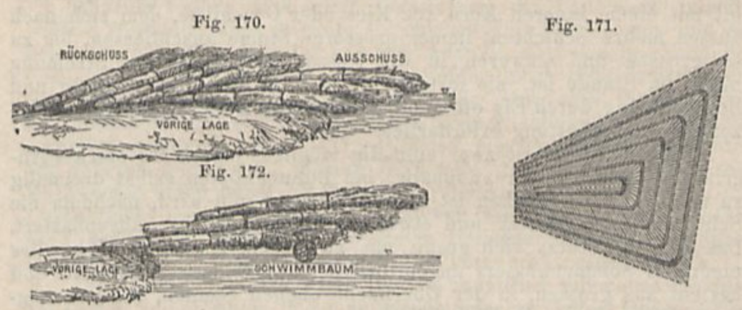
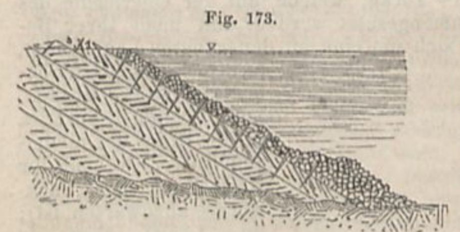


Fig. 170. Fig. 171. Fig. 172.

bis die Lage eben unter Wasser sinkt, worauf dann mit einer neuen Lage begonnen wird. Wenn der Boden plötzlich abfällt, macht man die einzelnen Lagen wohl vorn dicker als hinten (Pülv-Lage) und legt, wenn die neue Lage über die alte weit vortritt, die Ausschusslage auf einen oder zwei Schwimmbäume (Fig. 172).

Jede Buhne muss ohne längere Unterbrechung fertig werden, wenn nicht die halbschwimmenden Lagen wider zerstört werden sollen. Auf die letzte Lage am Kopf ist es gut, statt der Würste Flechtzäune, und an Stelle der Erde Steine zur Belastung zu verwenden; ausserdem zum besseren Anschluss an das Flussbett und zum Widerstand gegen die Strömung eine Steinschüttung einzubringen. (Fig. 173).


Fig. 173.

Die Krone der Buhnen etc. wird durch 2 horizontale Lagen, der Schwipp- und der Stoppellage, oft erst nach einiger Zeit gebildet und entweder mit 1^m von einander entfernten Flechtzäunen befestigt, und am besten

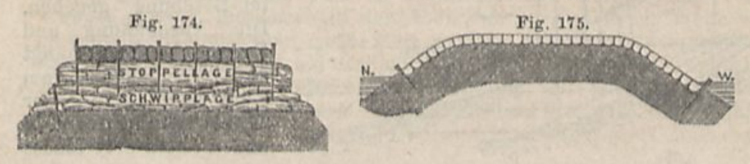


Fig. 174. Fig. 175.

mit Steinen bedeckt (Fig. 174), am Kopf auch wohl abgepflastert (Fig. 175), oder mit Spreutlage oder Rauwehr (s. w. u.) versehen. Die Wurzel wird etwa 5^{m} weit ins Ufer eingegraben, etwas tiefer als dieses gehalten und nebst den abzuschrägenden anschliessenden Flächen des Ufers durch eine Spreutlage gedeckt.

Es bietet sich selten die Gelegenheit, Packwerk im Trockenen auszuführen; die Ausführung in horizontalen Lagen ist dann aber eine um so solidere und der vorbeschriebenen gleich.

Die Spreutlage besteht aus einer etwa 10^{zm} starken Lage von grünem Weidenbusch, welche auf eine ca. 30^{zm} dicke Schicht von fetter Erde aufgebracht und in Abständen von je 60^{zm} durch mit $1{,}0^{m}$ langen Spreutpfählen befestigte Würste aus gleichem Busch gehalten wird. Die Spreutlage soll in der Regel auswachsen.

Rauwehre werden nach Fig. 176 ähnlich wie Spreutlagen gefertigt, aber aus dickerem Busch und in mehren über einander grei-

Fig. 176.



fenden Schichten, die zum Theil mit Erde bedeckt werden und, in der Richtung der Strömung gelegt, diese mässigen.

Senkfaschinen sind $4-6^{m}$ lange, $50-60^{zm}$ in der Mitte dicke, zigarrenförmige Körper aus dichtem, mit seinen Enden verwechseltem Busch, mit innerem Kern aus Steinen oder ev. Erde. Sie werden in Abständen von $0{,}5^{m}$ durch starke Weidenruthen, starken Bindfaden, am besten aber durch Eisendraht mit Hülfe der sog. Würgekette zusammengeschnürt (Fig. 177, 178).

Die Senkfaschinen dienen zur Ausfüllung schädlicher Auskolkungen und schmaler Rinnen, zu Grundschwellen und zur Ausdeckung des Grundes, wenn während des Buhnenbaues eine Vertiefung desselben zu besorgen ist, besonders unter und vor dem Kopfe der Buhne. Sie werden vom Schiffe aus nach Fig. 179 versenkt, und müssen nach der Versenkung etwa im Winkel von 45° schräg gegen die Stromrichtung, möglichst dicht neben einander liegen. Unter Umständen legt man auch mehre Schichten über einander in gleicher Richtung.

Fig. 177. Fig. 178.

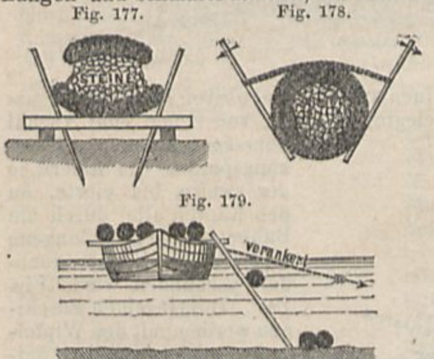
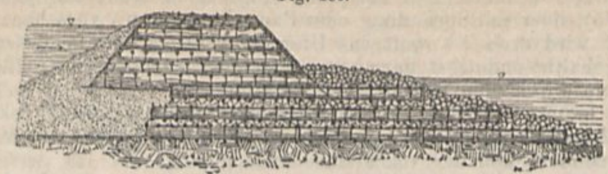


Fig. 179.

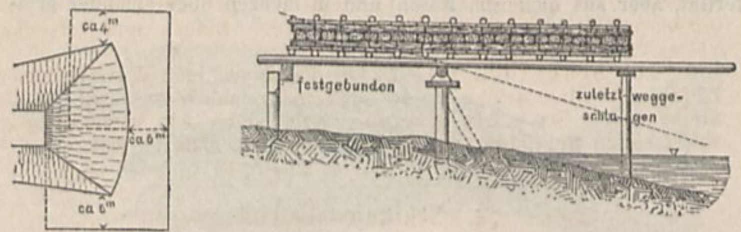
Senkstücke sind grosse Buschkörper, gewöhnlich $6-8^{m}$ breit, $12-18^{m}$ lang und $1-2^{m}$ dick, in der Oberfläche mit Steinen beschwert. Im Ebbe- und Fluthgebiet werden sie meist ausschliesslich zur Herstellung von Buhnen etc. gebraucht, ausserdem besonders zum unteren Theil von Coupirungen (Fig. 180) und zur Ausdeckung des

Fig. 180.



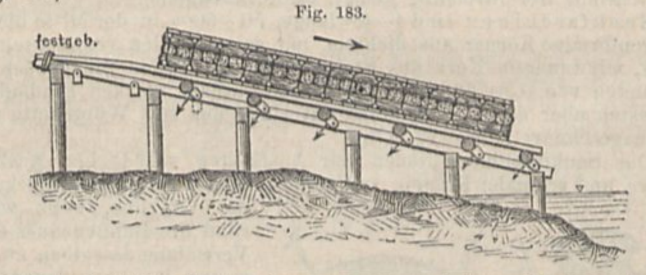
Grundes vor und unter Buhnenköpfen (Fig. 181). Ihre Herstellung geschieht, wo Ebbe und Fluth herrschen, auf dem schrägen Ufer, sonst auf Gerüsten, die entweder durch Wegschlagen von Interims-Stützen um eine Mittelaxe geneigt werden können (Fig. 182) oder gleich mit 1 : 12 geneigt sind und das fertige Senkstück auf vorher

Fig. 181. Fig. 182.



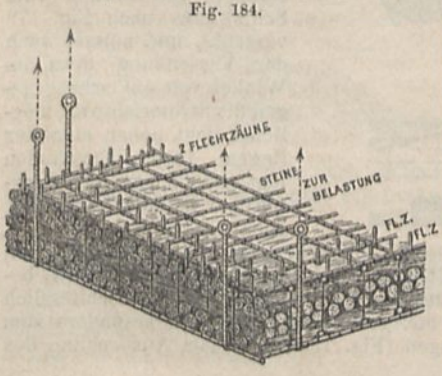
festgehaltenen Walzen mit quer gelegten Brettern ablaufen lassen. (Fig. 183).

Fig. 183.



Die Senkstücke erhalten einen unteren und oberen Rost von kreuzweise in 0,8—0,9m Abstand gelegten Würsten, von denen eine Anzahl korrespondirender Kreuzungspunkte (im Innern je der zweite bis vierte, an den Kanten alle) durch um Buhnenpfähle geschlungene sog. Luntleinen mit einander verbunden wird (Fig. 184). Die einzelnen Faschinen werden, mit den Wipfelenden nach innen, in zweifachen Schichten kreuzweis übereinander gepackt. Zum Festhalten des Belastungsmaterials werden an den Kanten und ausserdem einige Flechtzäune auf der

Fig. 184.



Oberfläche geschlagen und an den 4 Ecken feste Punkte durch Taue mit Kauschen gebildet, zur Leitung beim Versenken. Die Versenkung geschieht zwischen zwei, besser vier verankerten Schiffen, von denen auch die Belastung, zunächst an den Kanten, aufgebracht wird.

Der Materialbedarf ist an allen Flüssen etwas verschieden; es erfordern im Durchschnitt:

1 kbm Packwerk = 1¼ kbm Faschinen (etwa 9—10 Stück) incl. der Wurstfaschinen, 6—7 Stück Pfähle, 20 Bindeweiden (zu etwa 3m Würsten), 0,33 kbm Belastungserde. Ausserdem Pflaster und Steinschüttung (s. o.). Preise sehr verschieden.

1□m Spreutlage = 0,2 kbm grüne Faschinen (etwa 1,5 Stück) incl. Wurstfaschinen, 4—7 Pfähle (nur ca. 1m lang).

1□m Rauwehr = etwa das Doppelte.

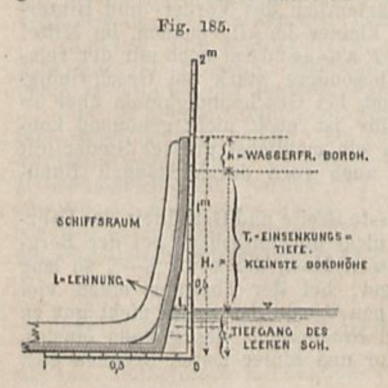
1 kbm, d. i. etwa 1 Stück Senkfaschinen = 1 kbm Faschinen, ½k Eisendraht oder 10 Stück 4m lange Weiden oder Bindfaden und 0,2 kbm Stein oder ev. 0,3 kbm feste Erde. Binden und Versenken kostet etwa 1 Mark.

1 kbm Senkstück = 1—1¼ kbm Faschinen incl. Wurstfaschinen, 7 Pfähle, 20 Bindeweiden, 3—4m Luntleine (reichlich 4mm dick), 0,2 kbm Steine und 3 Stück Flechtstangen; Arbeitslohn mit Versenkung ca. 45 Pf., dazu für Schiffsmiethe, Taue etc. etwa eben so viel.

4. Schiffahrtsbetrieb.

Die Fahrzeuge werden meist von Holz (Tannenbohlen mit eichenen Inhölzern), in neuerer Zeit auch vielfach von Eisen erbaut, mit plattem Boden (die sog. Emspünten haben sogar nach oben konvexen Boden) und möglichst geringer Lehnung der Seitenwände; vorn und hinten werden dieselben zugeschärft oder der Boden wird über Wasser aufgebogen; mitunter geschieht auch beides zugleich, wie z. B. namentlich bei den Oderkähnen, jedoch mit ungünstiger Wirkung, weil die Kähne bei grosser Länge dann nur geringe Tragfähigkeit haben. Die Grösse ist sehr verschieden, von nicht voll 1m bis über 2m Tiefgang (wichtigstes Maass), 4 bis über 7,5m Breite (aus Noth wegen fehlender Wassertiefe) und 30 bis 60m Länge. Die Länge darf zweckmässig das achtfache der Breite nicht überschreiten. Auf allen Flüssen findet eine fortwährende Vergrösserung der Fahrzeuge statt, weil mit grossen Fahrzeugen eine billigere Fracht und grösserer Verdienst zu erzielen ist; jedoch bleibt dadurch die Fahrtiefe der Flüsse fast nie ausreichend. Alte Schiffe biegen sich im beladenen Zustande in der Mitte nach unten durch, im unbeladenen nach oben.

Fig. 185.



Um alle Schiffe möglichst gleichmässig nach ihrer Tragfähigkeit mit (Steuer- etc.) Abgaben zu belasten und unzweckmässigen Formen keinen Vorschub dabei zu leisten, sondern eher die zweckmässigen zu begünstigen, ist im Jahre 1872 eine neue Vorschrift zur Vermessung der Flusschiffe auf allen Preussischen Flüssen (mit Ausnahme des Rheins und

seiner Nebenflüsse) erlassen. Danach wird in der Hauptsache die Tragfähigkeit ermittelt durch Messung der grössten oberen (festen) Länge L (in Dezimetern), der grössten äusseren Breite B, der kleinsten Bordhöhe H incl. Bodendicke (beide in Zentimetern) und der Lehnung l in Zentimetern in der Höhe des Wassers bei leerem Schiffe. (Fig. 185).

Sodann wird die praktisch zulässige Einsenkungstiefe $T = H-(h+t)$ so bestimmt, dass die wasserfreie Bordhöhe

$$h^{zm} = \frac{H^{zm} - 26^{zm}}{3}$$

und der Tiefgang des leeren Schiffes t durchweg $= 31\,^{zm}$ gesetzt wird. (Haben die Schiffe also weniger, so ist es ihr Vortheil). Endlich wird noch die Lehnung l, sowie die vordere und hintere Zuschärfung, der für die Ladung verlorene Raum und das spezifische Gewicht des Wassers durch eine Reduktionszahl r berücksichtigt, welche sich aus dem Lehnungsverhältniss

$$v = \frac{l \, . \, 100}{B}$$

nach folgender Tabelle ergiebt:

v	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
r	165	162	159	155	152	149	145	142	139	135	133	129	126	123	119	116	113	109

Alsdann ist die Tragfähigkeit in Zentnern

$$= \frac{L^{dm} \, B^{zm}}{100} \cdot \frac{r}{100} \cdot \frac{T^{zm}}{100}$$

Die Bewegung der Schiffe erfolgt, abgesehen von dem Fortschieben mit Stangen für kurze Strecken und von frei fahrenden Dampfern, durch Segeln, Leinenzug, Schleppdampfer und Ketten- oder Seil-Schiffe. Der Widerstand gegen die Fortbewegung lässt sich ausdrücken durch die Formel

$$P = k \, . \, \gamma \, . \, A \, . \, \frac{(V \pm v)^2}{2 \, . \, g}$$

worin γ das spezifische Gewicht des Wassers, A der grösste eingetauchte Querschnitt, V die absolute Geschwindigkeit des Schiffes, v die des Wassers, g die Erdakzeleration und k ein Koeffizient ist, der abhängt von der Schiffsform, namentlich des Vorder- und Hintertheils und je schärfer diese, desto kleiner im Allgemeinen, im Mittel etwa 0,3 bis 0,5 ist. Aber es wächst P ausserdem noch mit der relativen Geschwindigkeit, und zwar besonders stark bei Geschwindigkeiten zwischen $3 - 4^m$, und nimmt bei Geschwindigkeiten über 5^m wieder ab. Das Verhältniss hierfür ist noch nicht genügend konstatirt. Alle Schiffe haben hinten ein möglichst grosses Steuer (oft Balancesteuer), müssen aber u. U. auch vorn durch Stangen (Bund-Staken) regiert werden.

Das Segeln erfordert die grösste Breite und Geradheit des Fahrwassers; Kreuzen ist im Grossen nicht durchführbar; bei der Bergfahrt benutzen die Schiffe den grossen Mast, der etwa ½—¾ so lang ist als das Schiff, und grosse Segel, bei der Thalfahrt einen viel kleineren Mast; beim blossen Treiben würde das Schiff nicht gut zu steuern sein. Zum Aufrichten und Niederlegen des grossen Mastes, am Anfang und Ende der Reise, vor und hinter festen Brücken etc.,

sind Mastenkrahne erforderlich, welche neben dem Fahrwasser am Ufer oder auf Vorsprüngen (wo die Schiffe sicher liegen können) stehen müssen. (Zur Noth hilft wohl ein Schiff mit noch stehendem Mast dem anderen aus.) Sie sind meist unbeweglich, an schrägen Ufern, Deichen etc. u. U. auch auf einen Wagen gestellt, der auf einer schiefen Ebene hinaufgezogen etc. werden kann, und erhalten einen steinernen oder hölzernen Unterbau, welcher mindestens über das höchste schiffbare Wasser reichen muss.

Die Höhe des Krahnes wird so bemessen, dass er bei diesem Wasserstand den grössten Mast über dessen Schwerpunkt zu fassen und über Bord zu heben vermag. (Die speziellere Konstruktion siehe Seite 55, 56).

Der Leinenzug wird für die Bergfahrt fast an allen Flüssen, mit Ausnahme der unteren zu breiten Strecken, wo noch Kreuzen möglich ist, angewendet. Der dazu nöthige sog. Leinpfad ist selten für Menschen, meist für Pferde (bis zu 10 an einem Zuge) eingerichtet und so breit, dass 2 Pferde neben einander gehen können, also 3—4^{m}.

Er muss nahe der Fahrrinne und möglichst über dem höchsten schiffbaren Wasser liegen, an Stellen, wo dies (selbst durch Anlage eines Dammes) nicht ausführbar ist, aber doch nicht mehr als 0,5^{m} unter demselben, und müssen solche Stellen dann durch Signalstangen bezeichnet werden; bei Hochufern, welche die Zugrichtung ungünstig machen und die Zugkraft verringern, legt man den Leinpfad besser auf einen Anschnitt derselben. Meist befindet sich nur an dem einen Ufer ein Leinpfad, doch darf dann der Fluss nur im Nothfall übersprungen werden, und möglichst nur da, wo Brücken oder Fähren das Uebersetzen der Zugthiere ermöglichen. In der Regel wird der Leinpfad nur mit Kies bedeckt, bei starken Neigungen (bis 1 : 10) zur Vermehrung der Haltbarkeit und Zugkraft gepflastert. Bei scharfen Biegungen bringt man an der konvexen Seite zur Verbesserung der Zugrichtung eine oder mehre 2—4^{m} hohe Streichrollen (Fig. 186), neben Stromschnellen Haltepfähle, zum Befestigen der Leine (mit Schlinge) und zum Ausruhen der Pferde, an.

Fig. 186.

Schleppdampfer erfordern keine besonderen flussbaulichen Vorrichtungen; sie sind im Prinzip ungünstig, weil je grösser der Widerstand, eine desto grössere Schaufelgeschwindigkeit nöthig wird und mit dieser der Arbeitsverlust wächst. Man wende stets Patentschaufeln an, die senkrecht ins Wasser tauchen und auch ebenso wieder herausgehen.

Ketten- und Seilschiffe. (Vgl. Deutsche Bauzeitung, besonders Jahrg. III u. folgd.; für Seilschiffahrt namentlich: Le touage sur cable metallique, par Buquet. Paris 1869).

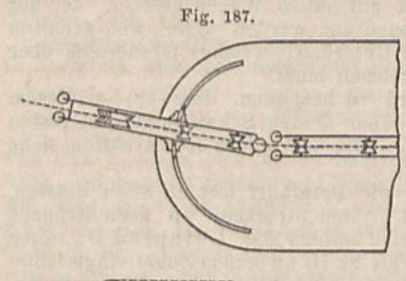
Bei grösseren Stromgeschwindigkeiten (1,5 — 3^{m}) wendet man 20—30^{mm} starke Ketten, bei geringeren 20—25^{mm} starke — also verhältnissmässig viel leichtere — Drahtseile an*), beide für beliebige Längen; sie werden nur am obersten Ende verankert und müssen im Fahrwasser liegen, bei dessen Veränderungen und wenn sie sich in scharfen Kurven durch den Zug verlegt haben, sie durch ein leer hinabfahrendes Schiff wieder richtig gelegt werden. Die Kette

*) Die Kette auf der Elbe für 60 Pferdekraft ist mit Ausnahme einzelner Strecken rot. 23^{mm} dick, 11,5^{k} pro lfd. ^{m} schwer und kostet incl. Legen 3800 Mrk. pro Kilometer; die Kette auf der Seine für 35 Pferdekraft wiegt 11^{k} pro ^{m} und kostet rot. 6780 Mrk.; das Seil auf der Maas für 20 Pferdekraft wiegt 2,25^{k} pro ^{m} und kostet rot. 1110 Mrk.

wird dabei verlängert oder verkürzt, wozu und für etwaige Brüche sog. Schäkel eingeschaltet werden.

Die Kette liegt bei der Bergfahrt eines Schiffszuges schon etwa in 300—400m Entfernung vom Schiffe unbeweglich auf dem Flussbette. Um das Schiff an der Kette leichter steuerbar zu machen, was sehr wichtig ist, hat es vorn und hinten um ca. 90° drehbare, möglichst lange Ausleger (Fig. 187), und grosse Balance-Steuer, welche am besten unabhängig von einander von der Mitte des Schiffes aus regiert werden. Dort stehen auf erhöhtem Platz der Zugführer, Kapitän und 1 bis 2 Steuerleute; ausserdem ist jeder angehängte Kahn direkt zu steuern. Ein Zug bis zu 20 unbeladenen, zu je 2 nebeneinander gekuppelten Schiffen fährt durch Kurven bis 180m rad. sowie durch enge Brücken. (Die alte Dresdener Brücke hat Oeffnungen von 19m Weite und liegt in starker Stromkurve). Die Kette geht vom Ausleger über Leitrollen in der Mittellinie des Schiffes zu den 2 Trommeln (Fig. 188—190) von etwa 1,2m Durchm., deren Axen mittels Uebersetzung wie 5 : 3 durch eine gemeinsame Kurbelaxe bewegt werden. Die Trommeln haben 4 Rinnen für die Kette, welche nach hinten schlaff sich abwickelt. Zum raschen Stillstand dienen Bremsen neben jeder Trommel, das Anhalten des Schleppers erfolgt fast momentan; freilich gleiten die ersten angehängten Kähne noch etwas seitwärts vorbei.

Fig. 187.



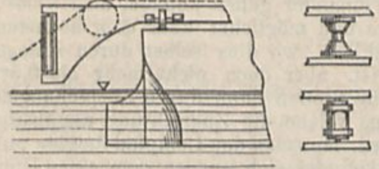


Fig. 188. Ansicht von oben.

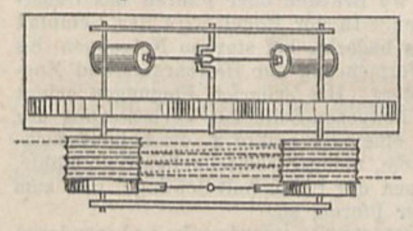


Fig 189. Seiten-Ansicht.

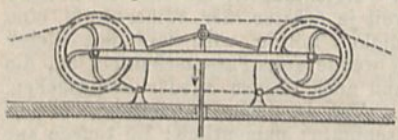
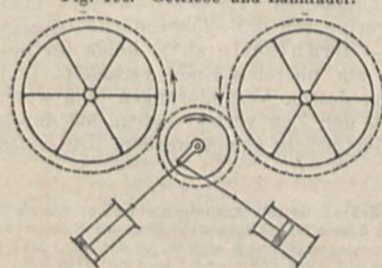
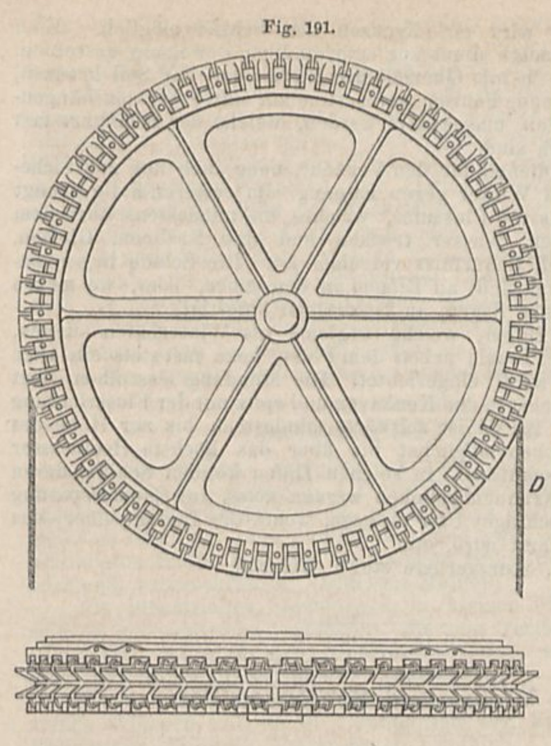


Fig. 190. Getriebe und Zahnräder.



Die etwa 60—80 nom. Pferdekraft starken Schiffe der Oberelbe fahren bei einem Gefälle derselben von etwa 1 : 3000 mit 24,000Z in den Lastkähnen rot. 6Km pro Stunde zu Berg, halten beim Begegnen und beim Wechseln ihrer Richtung, welches nur nöthig ist, wenn mehre Schiffe an derselben Kette gehen, ½ Stunde an, und machen die 285Km lange Strecke von Mag-

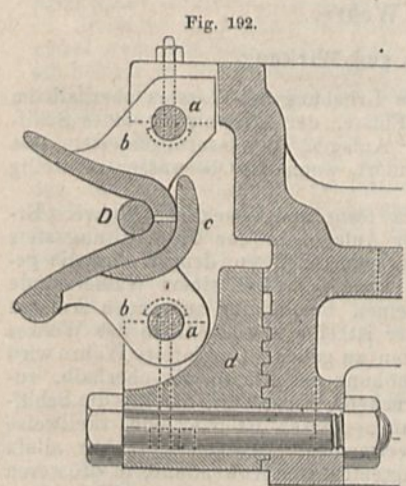
Fig. 191.



deburg nach Dresden in 60—65 Fahrstunden, oder, mit Einschluss der Nachtstunden in rot. 3½ Tagen, wobei die Zeit für das Warten zum Passiren der Flösse, die eine lästige Gemeinschaft für die Kettenschiffe bilden, mit eingerechnet ist.

Auf etwa je 30Km des Flusses befindet sich immer ein Kettenschiff. Der Tarifsatz für einen leeren Kahn von 600Z bis 8000Z steigt von 40 Pf. bis 1 Mrk. und beträgt für je 100Z Ladung 4 Pf., beides pro Kilom. Darnach kostet z. B. bei einem Kahn von 3000Z der Kilometer-Zentner 0,075 Pf. Schlepplohn; die Kosten des Kahnes incl. Bemannung betragen etwa 0,013 Pf. pro Ztr. und Kilometer.

Fig. 192.



Das Seil unterscheidet sich besonders dadurch von der Kette, dass es nur um einen Theil — etwa die Hälfte — der Trommel geschlungen wird, zu welcher fast ausschliesslich die Fowler'sche Scheibe dient. (Fig. 191, 192). Je stärker dabei das Seil *D* gespannt wird, desto fester, bis zu einem gewissen durch den Lappen *c* (Fig. 192) bestimmten Grade, fassen es die um die Axen *a* beweglichen Klappen *b*. Die Scheibe kann vertikal oder auch — jedoch nur, wo wenig Krümmungen vorkommen — horizontal liegen; meistens liegt das Seil seitwärts vom Schiff, wird über Leitrollen nach und von der Scheibe geführt und kann rasch abgeworfen und wieder aufgelegt

werden. Dadurch wird ein Kreuzen der Schiffe möglich. Eine Hülfsschraube am Schiff dient zur selbständigen Bewegung desselben.

Wo Seilfähren mit Querseil die Kette oder das Seil kreuzen, müssen sie in fliegende Fähren (am besten mit unter Wasser hängendem, verboberten Seil) umgeändert werden, welche der Schiffahrt fast gar nicht hinderlich sind.

Flusshäfen dienen für den Verkehr, oder auch nur zur Sicherung der Schiffe im Winter gegen Eisgang. Im ersteren Falle genügt oft nur ein eingefasstes Flussufer, welches bis mindestens über dem höchsten schiffbaren Wasser trocken und mit Krahnen, Gleisen, Speichern etc. nach Bedürfniss versehen ist. Die Schiffe liegen parallel zum Ufer und sind an Ringen in demselben, oder, wo mehre Reihen nebeneinander liegen, an Dukdalben befestigt.

Zu grösseren Häfen, welche zugleich als Winterhäfen dienen, wird ein besonderes Bassin neben dem Fluss, wozu fast stets ein alter Flussarm benutzt wird, eingerichtet. Die Mündung desselben liegt flussabwärts, möglichst in der Konkaven und spitz mit der Flussrichtung konvergirend; das Bassin ist seitwärts mindestens bis zur Höhe des Eisganges, nach oben möglichst bis über das höchste Hochwasser durch Deiche zu schützen. In solchen Häfen können Schiffe, deren Ladung nicht mit Krahnen gehoben werden muss, zur Raumersparung spitz an das (ev. schräge) Ufer anlegen, wobei die Ladung über das Vordertheil ausgekarrt wird, etc.

Ueber Krahne, Sturzgerüste etc. s. Uferbau.

V. Wehr- und Schleusen-Bau.

1. Wehre.

a. Zwecke und Wirkung.

Die Wehre bezwecken eine Erhebung des Wassers oberhalb im Interesse der Kanalisation der Flüsse, der Abzweigung eines Schiffahrts-Kanals, von industriellen Anlagen, Bewässerungen etc. Das Unterwasser wird nur dann geändert, wenn das Oberwasser zeitweilig am Abflusse gehemmt wird.

Man unterscheidet besonders feste und bewegliche Wehre. Erstere sind im Allgemeinen in der Anlage, in der Unterhaltung stets billiger und in solchen Fällen zweckmässig, wo dem Wehre die genügende Breite gegeben werden kann, um bei einem Wasserstande von gewisser Höhe nur noch einen bestimmten zulässigen Aufstau zu haben. Für niedriges Wasser ist eine gewisse Höhe des Wehres nöthig, um den beabsichtigten Stau zu geben. Durch feste Wehre wird aber unter Umständen eine Erhöhung des Flussbettes oberhalb, zuweilen bis zur Höhe des Wehrrückens, veranlasst, die für die Schiffahrt etc. nachtheilig werden kann. Dieses ist ganz oder theilweise durch bewegliche Wehre zu vermeiden. Bewegliche Wehre allein finden nur in kleinen oder beengten Flüssen Anwendung, in grösseren Flüssen nur zuweilen als sog. Grundablässe neben festen Wehren.

Der untere Theil des beweglichen Wehres ist oft noch als festes Wehr (wenn der Fachbaum etc. über der alten Flussohle liegt) anzusehen. Fast bei jedem beweglichen Wehr besteht die Verpflichtung,

dass dasselbe ganz oder theilweise geöffnet werden muss, sobald eine gewisse Höhe des Oberwassers, die durch einen in demselben dicht neben dem Wehre angebrachten Markpfahl oder Stauziel bezeichnet ist, überschritten wird, damit nicht ein nachtheiliger Aufstau nach oben (meist Rückstau genannt) entstehe, welcher anderen gewerblichen Stauanlagen, Entwässerungen etc. nachtheilig werden kann. In solchem Falle ist zur Ermittelung des Rückstaues zu empfehlen, einen Probestau (bei gewissem Wasserzu- und Abfluss!) vorzunehmen, die Berechnung aber auf die Höhe des Rückstaues in einer bestimmten Entfernung, auch ev. auf die Entfernung oder die zulässige Stauhöhe für eine als unschädlich anzunehmende kleine Rückstauhöhe zu beschränken, nie aber die Grenze des Rückstaues (die sog. Stauweite) zu suchen, weil der gestaute und der ungestaute Wasserspiegel asymptotisch zusammenfallen, also die Berechnung werthlos und stets anfechtbar bleibt. Annähernd kann bei mässigem Gefälle als merkliche Grenze des Rückstaues die doppelte hydrostatische Stauweite, also

$$\frac{2 \times \text{Stauhöhe}}{\text{relat. Gefälle des ungest. W.}}$$

angenommen werden. Zuweilen ist auch ein gewisser Minimalstand des Oberwassers festgesetzt, z. B. wo Stauanlagen gleichzeitig für die Industrie und Schiffahrt dienen sollen; auch sind gewisse Differenzen zwischen dem Ober- und Unterwasser, und zwar am besten nach einer bestimmten Skala mit der wachsenden Höhe des Unterwassers abnehmend, vorgeschrieben. (Differenz-Mühlen).

Mit industriellen Stauanlagen in kleinen Flüssen oder Bächen sind oft Sammelteiche verbunden, die sehr vortheilhaft für den Besitzer, aber lästig für den „Untermüller“ sind, weil dieser dann von dem Betrieb des „Obermüllers“ abhängig ist.

Wenn ein Mühlenarm bei Hochwasser auch eine gewisse Wassermenge abführen soll, so wird neben dem sog. Kunstgerinne noch ein Freigerinne (Freifluth, Freiarche etc.) nöthig.

Dasselbe ist wegen seiner Nähe bequem und sicher zu bedienen, zumal wenn das Kunstgerinne weit vom Hauptflusse entfernt ist, auch oft billiger in der Anlage, aber u. U. ungünstig für den Betrieb, weil das Unterwasser dann auch für das Kunstgerinne gehoben wird, also Druckhöhe verloren geht. Je besser ein Mühlenarm im Unterwasser aufgeräumt wird, desto weniger Gefälle geht verloren.

Schliesst ein festes oder bewegliches Wehr einen Flussarm ab, der nur bei gewissem Wasserstande zum Abfluss dient, so ist die Breite des Wehres, da die Höhe aus den Umständen gegeben ist, aus der abzuführenden Wassermenge zu bestimmen. Die wirksame Druckhöhe wird sich aus dem derzeitigen Totalgefälle des Armes ergeben, von dem derselbe einen seinem Profile etc. entsprechenden Theil konsumirt und der Rest das Wehrgefälle oder die Druckhöhe bildet. Die Berechnung s. Bd. I, S. 329 u. folg.

b. Anordnung und Konstruktion der Wehre.

Feste Wehre.

Sie erhalten am besten ihre Lage normal zur Richtung des ev. oben und unten zu verbreiternden Flusses; eine schräge Lage ist, wenn nicht eine Krümmung des Flusses vorhanden oder künstlich gegeben wird, ohne entsprechenden Nutzen und von ungünstiger Wirkung auf die Ufer etc. Dagegen ist eine gekrümmte Grundform gut

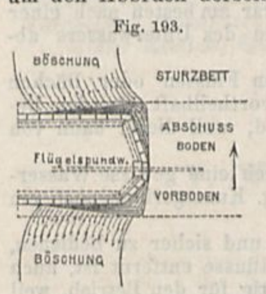
für die Ufer und das Bett; ebenso wenn die Krone oder der Rücken des Wehres in der Mitte niedriger ist als an den Enden. Im Querprofil werden fast alle denkbaren Formen angewandt, allerdings häufig auch sehr schlechte.

Der Vorboden hat meist nur den Stoss des Eises zu ertragen und erfährt sonst wenig Angriff. Ist er sehr lang und flach, so entsteht bei Frost leicht eine Anhäufung von Eis auf demselben. Die Krone muss besonders dauerhaft sein, weil sie von der grössten Bedeutung für das Wehr und den stärksten Angriffen ausgesetzt ist.

Der Hinter- oder Abschuss-Boden wird bald sehr flach, bald völlig steil konstruirt, oder fehlt auch ganz; er bedingt grossentheils die Geschwindigkeit des Wassers zunächst unterhalb des Wehrs. Je flacher der Hinterboden, desto grösser bleibt die Geschwindigkeit und desto heftiger ist der Angriff auf Flussbett und Ufer. Bei steilerem Hinterboden muss zwar der erste Stoss des Wassers sicher aufgefangen werden, es fliesst dann aber letzteres um so ruhiger ab.

Unterhalb des Wehres wird ein sog. Sturzbett hergestellt, entweder von blosser Steinschüttung, oder aus grossen Sinkstücken, am besten von im Trockenen ausgeführtem Pflaster aus möglichst grossen Quadern zwischen Pfählen oder Flechtzäunen, ev. auf einer Unterlage von Packwerk. Ebenso ist stets eine Deckung der Ufer erforderlich, um den Abbruch derselben zu verhüten.

Fig. 193.



Neben dem eigentlichen Wehr befinden sich die sog. Wangen, welche wegen des starken Angriffs, dem sie ausgesetzt sind, am besten massiv erbaut werden, mit Böschung vor und hinter dem Rücken und langen ins Ufer greifenden Flügeln, etwa wie Fig. 193. Statt der Wangen begnügt man sich in besonderen Fällen auch mit einer Befestigung des abgeschrägten Ufers.

Bei allen Wehren ist es wichtig, gute Querspundwände im dichten Anschluss an den Wehrkörper fast in Hochwasserhöhe einzuschlagen, bei massiven Wehren mindestens oben und unten je eine, bei hölzernen Wehren am besten 3, wovon die mittlere als Flügelspundwand ins Ufer hinein zu verlängern.

Zu geeigneten Konstruktionen für Ausführungen in Stein und Holz dienen die Fig. 194 und 195 als Beispiele, wobei nur besonders zu bemerken, dass bei der Ausführung in Holz der Hinterboden mit doppeltem Bohlenbelag (der obere mit Eichenholz) zu versehen, bei der Ausführung

Fig. 194.

Fig. 195.

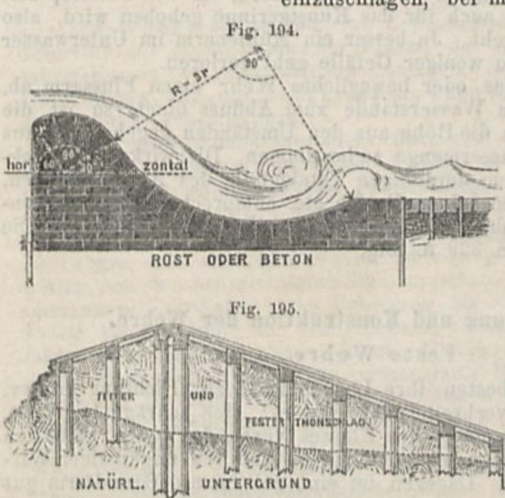
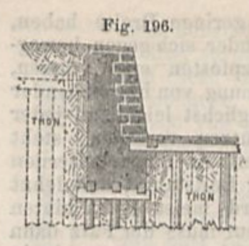


Fig. 196.



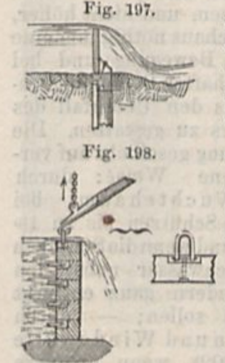
in Stein die ganze Oberfläche aus möglichst grossen und schweren, in der Nähe des Rückens verschränkten Quadern zu konstruiren ist. Bei massiven Wehren wendet man zur Fundirung wenn möglich Beton, sonst Pfahlrost an, selten ist das Fundament direkt zu mauern. Bei hölzernem Unterbau ist eine Ausfüllung mit fettem Thon besser, als eine solche mit Steinpackung, weil bei dieser hohle Räume entstehen, die ein Zusammensinken derselben zur Folge haben. Hat das Wehr einen hölzernen Boden und massive Wangen, so werden letztere in grösster Tiefe gleich hoch fundirt und die Schwellen des Bodens ins Mauerwerk eingelassen (Fig. 196).

Bewegliche Wehre.

Lage, Unterbau (in den oben bereits angeführten Fällen mehr oder weniger über der Sohle des Flusses vortretend), Spundwände, Wangen etc. sind mit den festen Wehren übereinstimmend, die Verschlussvorrichtungen dagegen je nach dem Zweck, dem zu befürchtenden Eisgang und den Geldmitteln sehr verschieden. Die wichtigsten derselben sind:

Fig. 197.

Fig. 198.



1) **Setzbohlen** (Fig. 197), die einfachste Konstruktion für geringen Stau (bis $0{,}5^m$); sie stützen sich gegen Knaggen oder drehbare Eisentheile und werden mit der Hand eingesetzt und wieder entfernt; letzteres ist jedoch nicht immer sicher auszuführen.

2) **Dammbalken** in (massiven) Falzen, etwa bis 7^m lang, mit drehbaren Bügeln durch Haken einzeln oder im Zusammenhange auszuheben; umständlich und bei rasch kommendem Hochwasser unsicher, wenn nicht durch eine Brücke über dem Wehr das Ausheben erleichtert wird. (Fig. 198).

3) **Schützen** (von Holz oder auch Eisen) in vertikalen Falzen; eine der einfachsten, sichersten und brauchbarsten Vorrichtungen und deshalb fast bei allen Mühlen (im Kunstgerinne und Freigerinne), bei kleinen und grossen Bewässerungsschleusen, neben festen Wehren als sog. Grundablass, als Flossschleuse, oder auch allein als sog. Stauschleuse (Schleusen-Wehr etc.) gebraucht. Ihre Stauhöhe ist beliebig; sie ergeben bei guter Ausführung und Wartung den geringsten Wasserverlust, erfordern aber stets zur sicheren Bedienung eine sog. Schützbrücke, welche am besten oberhalb des Wehres (weil die Schützen von dort aus leichter zu heben und ev. zu beseitigen sind) und über dem Hochwasser liegen muss und oft auch zur Kommunikation dient. In manchen Fällen wird jedoch auch die Brücke für die Schützen von der für die Kommunikation getrennt.

Die Schützen werden bei gewöhnlichen Mühlen- etc. Anlagen in der Regel nur so breit genommen, dass ein Mann sie, etwa mit Hülfe eines Wuchtbaumes, heben und senken kann. Wo es aber nöthig wird, grosse Weiten rasch öffnen zu können und die Kosten für starke Winden nicht gescheut werden, giebt man ihnen eine Breite bis zu 7^m, z. B. bei Flossschleusen.

Wenn Hochwasser, besonders in Verbindung mit Eisgang durch-

Fig. 199.

zulassen ist, und die Schützen nur geringe Breite haben, so müssen so viel Schützen nebeneinander sich gegen bewegliche Pfosten (sog. Losständer, Setzpfosten etc.) stützen, dass nach deren Beseitigung eine Oeffnung von hinreichender Breite entsteht. Der Losständer, möglichst leicht, an jeder Seite mit halbem Falz für die Schützen versehen, steht unten in dem Fachbaum, am besten in einem eisernen Schuh mit Loch zum Einsetzen einer Leitstange, und lehnt oben gegen den Schlussbaum; er wird meist etwas hinten übergeneigt, was ohne Nachtheil ist, nur muss der Falz dann oben etwas tiefer sein als unten, während, wenn auch in dem festen Ständer ein Falz vorhanden ist, bei diesem das Umgekehrte statthaben muss (Fig. 199). Bei grosser Weite müssen zwischen den Losständern auch noch verstrebte feste Ständer (Griesständer etc.) oder Pfeiler stehen, welche den Horizontaldruck des Schlussbaumes aufnehmen (Fig. 200, 201).

Fig. 200.

Die Schützen sind je nach der Breite und Druckhöhe 5—20^{zm} stark, gewöhnlich von Holz, nur selten von Eisen, und nicht höher, als durchaus nöthig, um eine leichte Bewegung und bei mangelhafter Bedienung wenigstens den Ueberfall des Wassers zu gestatten. Die Bewegung geschieht auf verschiedene Weise: durch den Wuchtebaum, bei kleinen Schützen bis zu 1^m Breite und wenn die Schützen bei Hochwasser nebst den Losständern ganz entfernt werden sollen; — durch Ketten und Windewelle (Fig. 202), wenn grössere Schützen nur zeitweise zu heben sind (bei Wasserdruck aber nur schwierig niederzulassen); — durch doppelte Zahnstangen und Vorgelege (Fig. 203), für grosse und kleine Schützen, die aber bei Hochwasser hoch genug gehoben werden können und nicht beseitigt zu werden brauchen; — ausserdem durch verschiedene andere Vorrichtungen. Um grosse Schützen leichter zu bewegen, ist ein glatter Eisenbeschlag auf dem Schütz und in dem Falz zu empfehlen, wodurch bei guter Ausführung der Widerstand etwa auf ⅕ desjenigen bei unbeschlagenen Schützen reduzirt wird. Ausser-

Fig. 201.

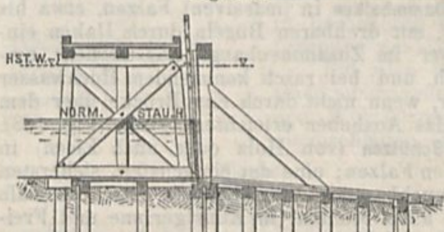


Fig. 202. Fig. 203.

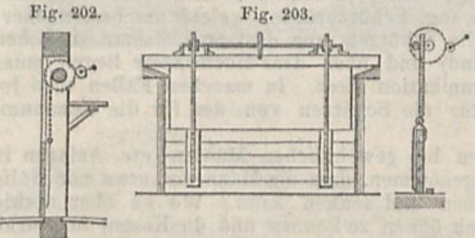
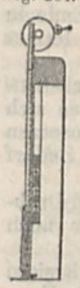


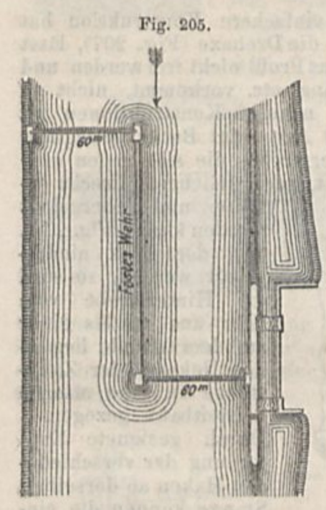
Fig. 204.



dem konstruirt man das Schütz wohl nach Fig. 204 zweitheilig, so dass anfangs nur die untere Hälfte bewegt wird und diese die obere demnächst mitnimmt. Auch auf einer besonderen Spur transportable Winden wendet man zum Heben von Schützen und Losständern an; letztere werden zuweilen nur etwas gehoben und horizontal unter die Brücke gehängt, etc. etc.

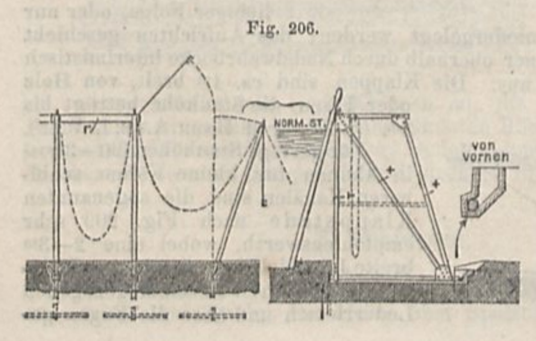
4) **Nadeln.** Nadelwehre haben den Vortheil, dass durch sie grosse Breiten völlig freigemacht werden können, und dass keine feste Brücke zu ihrer Bedienung nöthig ist; ihre Anwendung empfiehlt sich also bei grosser Breite des Flusses und wenn in demselben grosse Eisschollen und hohes Hochwasser vorkommen. Sie sind aber von einem einzelnen Wärter nicht so sicher bei rasch kommendem Hochwasser zu bedienen als Schützenwehre, deshalb ist es vortheilhaft, ein festes Wehr damit so zu verbinden, dass das Hochwasser nicht zu rasch steigen kann (Fig. 205). Ferner ergiebt der Verschluss durch Nadeln im Allgemeinen mehr Wasserverlust als der durch Schützen, und muss dieser durch dichtes Setzen der Nadeln, seltenes Oeffnen, Treibzeug, eingeworfene Steinkohlenasche etc. nach Möglichkeit ermässigt werden. Die Stauhöhe beträgt gewöhnlich bis zu 2m, höchstens 3m, jedoch ist dann die Anwendung von Nadeln nicht mehr zu empfehlen.

Fig. 205.



Die Konstruktion deutet Fig. 206 an (vgl. auch Ztschr. f. Bw. 1866). Die Nadeln lehnen sich gegen schmiedeeiserne, gut in sich versteifte Böcke, welche in etwa 1m Absand aufgestellt und um ihre Unterkante drehbar sind. Das Lager des vorderen Axzapfens muss das Ausheben des aufgestellten Bockes verhüten, das des hinteren den Druck desselben aufnehmen können; beide müssen aber ein leichtes Ein- und Ausbringen des Bockes gestatten. Die Böcke legen sich in eine Vertiefung des festen Rückens und sind mit Ketten untereinander so verbunden, dass wenn der eine Bock steht, der nächste noch liegen, aber vom ersteren her aufgerichtet werden kann. Eine Laufbrücke in mindestens 20zm Höhe über dem normalen Stau wird durch von Bock zu Bock gelegte Bretter gebildet, nachdem die Böcke durch feste Schienen, gegen welche sich später die Nadeln legen, verbunden sind; oder

Fig. 206.



besser, die Brücke wird aus Blechtafeln gebildet, die um die Oberkante eines Bockes drehbar sind und mit Haken am losen Ende in den nächstfolgenden Bock eingreifen; die Verbindung in letzter Weise ist eine raschere und sicherere.

Die oben mit einem Handgriff versehenen, vier- auch sechskantigen, 10—15^{zm} starken Nadeln aus feinem Tannenholz stützen sich unten gegen einen ca. 15^{zm} hohen Vorsprung; sie sind beim Einsetzen weit vorauszustossen, und sobald sie unten anschlagen, nach Bedarf seitwärts zu kanteln.

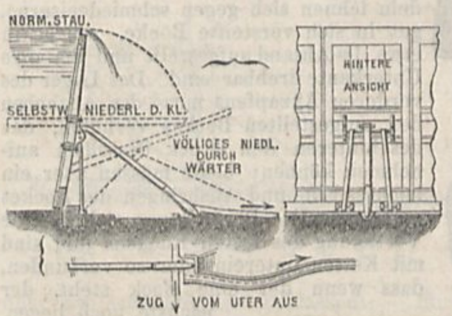
Aeltere Konstruktionen, wobei die Nadeln sich gegen einen Drehbaum lehnten etc., werden nur für geringe Breiten und nur noch selten angewendet.

5) **Klappen**, in sehr verschiedenen Formen. Bei grossen Breiten stets mehre nebeneinander, zwischen denen eine etwa 1^{zm} breite Fuge unvermeidlich ist; sie sollen sich beim Steigen des Wassers über den normalen Stau meist selbstwirkend niederlegen und beim Fallen des Wassers ebenso wieder aufrichten. Zu diesem Zweck liegt die Drehaxe in etwa $\frac{1}{3}$ der Höhe der Klappe, wenn das Unterwasser dahinter fehlt, sonst entsprechend höher.

Fig. 207.

Die ältere und einfachere Konstruktion hat ein festes Lager für die Drehaxe (Fig. 207), lässt also bei Hochwasser das Profil nicht frei werden und ist daher, wo Eisgang etc. vorkommt, nicht zu brauchen. Bei den neueren Konstruktionen ist die Drehaxe um die Axe eines Bocks beweglich, der durch eine Hinterstrebe, die sich gegen eine eiserne Knagge stützt, nach Belieben aufrecht erhalten und niedergelegt werden kann (Fig. 208).

Fig. 208.



Soll der Bock niedergelegt werden, so wird die Hinterstrebe vom Ufer aus mittels einer auf dem Grunde liegenden Haken- oder Zahnstange in eine eiserne Gleitbahn gezogen. Durch geeignete Entfernung der verschiedenen Haken an derselben Stange können die einzelnen Klappen in beliebiger Folge, oder nur ein Theil derselben niedergelegt werden; das Aufrichten geschieht vom Schiff oder von einer oberhalb durch Nadelwehrböcke interimistisch hergestellten Brücke aus. Die Klappen sind ca. 1^{m} breit, von Holz oder Eisen, die Stauhöhe beträgt bis 3^{m}. (S. Ztschr. d. Hann. A.- u. I.-V. 68).

Fig. 209.

Für geringe Stauhöhen (20—30^{zm}) in kleinen für kleine Kähne schiffbaren Kanälen sind die sogenannten Klappstaue nach Fig. 209 sehr empfehlenswerth, wobei eine 2—3^{m} breite Jalousieklappe aus dünnen Holzstreifen mit durch dieselben gezogenen Lederriemen und über die Fugen ge-

legten Lederstreifen unten an einer festen Schwelle sitzt und sich gegen 2 in den Seitenwänden befestigte, gekrümmte (fast ¼ Kreis-) Rahmen stützt. Höheres Wasser fällt hinüber, Schiffe mit schräg aufsteigendem Boden gehen ohne **weitere** Bedienung nach beiden Richtungen darüber weg. Durch die Anbringung von Zwischenständern sind mehre Klappen nebeneinander möglich.

Fig. 210.

Das sogenannte **Segmentwehr** (Fig. 210, s. Ztschr. f. Bw. 1865) zeigt die umgekehrte Anordnung; es bedarf einer starken Konstruktion und starker Winden, und ist dabei sehr schwerfällig.

Fig. 211.

Fig. 211 giebt eine ältere Konstruktion, wobei durch geeigneten Schützenzug die hintere Klappe die vordere aufrichtet oder fallen lässt.

Ein ähnliches Prinzip haben die neueren sogenannten **Trommelwehre** (Fig. 212, s. Ztschr. des H. A.- u. I.-V. 1868 und Bornemann, Civ.-Ing. 1866), in deren Trommel das Oberwasser durch die in jedem Uferpfeiler liegenden beiden Oeffnungen *a b* nach Belieben vor oder hinter die untere Klappenhälfte treten und dadurch die obere Hälfte aufrichten oder niederlegen kann. Wenn an beiden Ufern das Oberwasser in verschiedener Weise durch *a* bezw. *b* eingelassen wird, und umgekehrt die zugehörigen Oeffnungen *b* bezw. *a* mit dem Unterwasser in Verbindung gebracht werden, so kreuzen sich die Ströme mit Gefälle in der vorderen und hinteren Trommelhälfte und es richtet sich ein Theil der Klappen auf, der andere legt sich nieder. (Fig. 213).

Fig. 212.

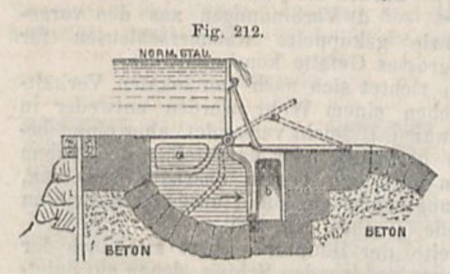
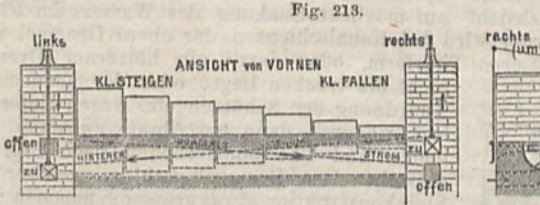


Fig. 213.





Ferner wendet man noch Klappen an, die sich etwa mit $^1/_3$ der Höhe gegen einen festen, oben abgerundeten Rücken lehnen und einen konstanten Wasserstand erhalten; sodann um eine vertikale Axe drehbare zweiarmige Klappen oder Thüren (s. Spülschleusen), etc. etc.

2. Schleusen.

Die Schleusen, hier zunächst Schiffsschleusen (über Deichschleusen siehe den Abschn. Deichbau, über Spülschleusen w. u.), halten

wie die Wehre, ein höheres Wasser auf und gestatten dabei zugleich den Schiffen entweder jederzeit, oder nur zeitweise die Durchfahrt. (Als gute Beispiele ausgeführter Schleusen s. Ztschr. d. Hann. Arch.- u. Ing.-Vereins, Jahrg. 63, 65, 66, 73). Man unterscheidet

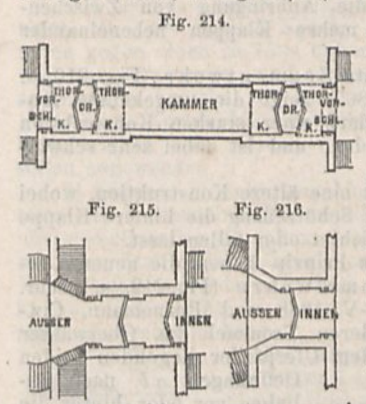


Fig. 214. Fig. 215. Fig. 216.

a) Kammerschleusen (Fig. 214) mit einfachen oder doppelten Thorpaaren, je nachdem das höhere Wasser stets von der einen oder zeitweise auch von der anderen Seite kommt; die vollkommensten Schleusen.

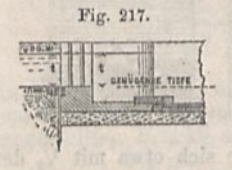
b) Schutz- oder Sperrschleusen (Fig. 215) halten das höhere Aussen-Wasser zurück und gestatten nur bei gleicher Höhe des Innen- und Aussenwassers die Durchfahrt; sie finden deshalb besonders im Ebbe- und Fluth-Gebiet Anwendung.

c) Dockschleusen (Fig. 216) halten das Innen-Wasser eines Hafens zurück etc; nur im Ebbe- u. Fluth-G.

d) Verbindungen aus den vorgenannten Schleusenarten, sowie gekuppelte Kammerschleusen für Kanäle, in welchen ein sehr grosses Gefälle konzentrirt ist.

Die Lage der Schleusen richtet sich nach den lokalen Verhältnissen. Kammerschleusen neben einem Wehr werden entweder in einem besonderen Kanal, der zwar u. U. leicht versandet, aber einen bequemen und sicheren Betrieb gestattet, oder unmittelbar neben dem Wehr angelegt; im letzteren Falle am besten oberhalb desselben, event. mit verlängerter Trennungsmauer oben und unten zum sicheren Ein- und Auslaufen der Schiffe (s. oben Fig. 205).

Dimensionen: Die Weite der Häupter richtet sich nach der Breite der grössten die Schleuse passirenden Schiffe, denen ein Spielraum von 0,3 bis 1,0m zu beiden Seiten gelassen werden muss (je grösser die Seeschiffe, desto schwieriger die Durchfahrt); ebenso bestimmt sich die Tiefe des Drempels nach dem Tiefgang der grössten Schiffe mit 0,3 bis 0,5m Spielraum. Bei der untersten Schleuse eines Kanals ist Rücksicht auf mögliche Senkung des Wassers im Flusse zu nehmen; ferner wird bei Kanalschleusen der obere Drempel wohl wegen der besseren Thürform, oder damit ein hölzerner Drempel nicht oft trocken liegt, oder der bequemeren Anordnung der Schützen etc. wegen tiefer gelegt, wodurch dann ein Absatz zwischen Vorboden und Thorkammerboden nach Fig. 217 entsteht. Der Drempelanschlag, welcher bei Steinkonstruktion etwas grösser genommen wird als bei Holzkonstruktion, beträgt 10 bis 20zm, dazu 15 bis 30zm Spielraum unter der Unterkante der Thür, so dass also der Drempel 25 bis 50zm über dem Thorkammerboden liegt. Der Drempelvorsprung ist in der Regel gleich $^1/_6$ der lichten Weite, die Kammer so lang, dass bei den grössten Schiffen die unteren Thüren noch geöffnet werden können, wobei


Fig. 217.

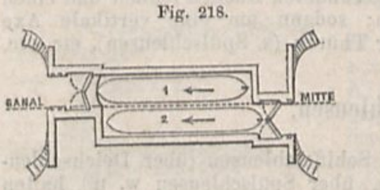


Fig. 218.

jedoch auf eine event. Vergrösserung der Schiffe Rücksicht zu nehmen ist, und so breit wie die Häupter. Die Höhe der Thüren wird so bemessen, dass das höchste Wasser, bei welchem sie noch zu gebrauchen sind, sicher abgehalten wird; bei Kanälen entspricht die Höhe der Thüren zuweilen genau diesem Wasserstand, so dass noch höheres Wasser überläuft, an Flüssen bleibt sie zuweilen unter dem absolut höchsten Wasser. Die Mauern reichen noch 0,3 bis 1m über die Thüren hinauf.

Bei Kammerschleusen, welche zur Aufnahme zweier Schiffe dienen, ordnet man die Häupter unsymmetrisch nach Fig. 218 an.

Konstruktion einzelner Theile.

Schleusen, welche auf Pfahlrost gegründet (Gründungen auf Schwellrost kommen selten vor) und nicht weiter sind als ca. 15m, erhalten einen hölzernen Boden, dessen einzelne Theile wegen des schwierigen Wasserschöpfens nicht tiefer zu legen sind, als unbedingt nöthig. Die Grundschwellen sind für Boden und Seitenmauern gemeinsam, liegen stets quer zur Schleuse und sind mit verwechselten Stössen auf den Pfählen — unter dem Boden mit Keilzapfen etc. — befestigt; darüber sind nach der Längenrichtung Zangen gestreckt, welche den unbedingt wasserdichten Belag tragen. Bei Schleusen von mehr als 6m Weite und starkem Wasserdruck wird über dem Bohlenbelag wohl noch ein umgekehrtes Gewölbe eingespannt (Fig. 219); besser sind jedoch 0,5m unter das Mauerwerk greifende Spannbalken, welche mit den Grundschwellen durch Spitzbolzen und besondere Schlüsselkeile verbunden und deren Zwischenräume ausgemauert werden. Um den Bohlenbelag in gleicher Höhe zu erhalten, ersetzt man die Spannbalken im Thorkammerboden durch 15—20zm starke, dicht nebeneinander liegende Querbohlen, welche, wenn die Drempelhölzer sonst zu stark werden, auch unter dem Drempel durchgehen. Alles Holz ist Kiefern, nur zu den Drempel-Hölzern ist möglichst gutes Eichenholz zu verwenden. Die Hauptschwelle greift mindestens 1m unter die Seitenmauern und ist mit einem 1—2zm tiefen Falz in die unteren Hölzer (mit Zwischenlage von getheertem Papier etc.) eingelassen, unter Umständen auch auf eine Querspundwand aufgefalzt. Die Schlagschwelle wird möglichst auch unter die Mauern gesteckt (bei Doppel-Drempeln stets) und an der Spitze durch ein einfaches Blatt, mit dem Königsstück und der Hauptschwelle durch einfache, nicht wie üblich doppelte Zapfen, bezw. auch durch Versatz verbunden, der ganze Drempel endlich durch Spitzbolzen auf den Grundschwellen, durch starke Eisenschienen und Schraubenbolzen in sich befestigt. Die Ausfüllung geschieht besser durch Holzklötze als durch Mauerwerk mit Bohlenbelag darüber; ebenso die Unterfüllung des Bodens besser mit fettem Thon als mit Mauerwerk. Zur Verstärkung grosser Drempel werden noch besondere, wenn auch kürzere Grundschwellen zwischen den übrigen angelegt. Quer-

Fig. 219.

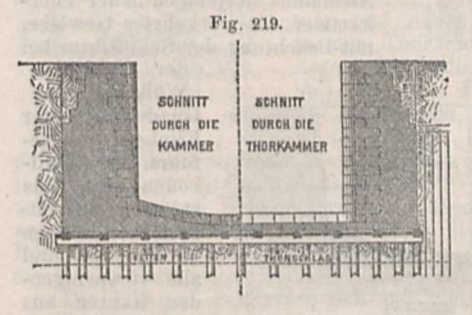
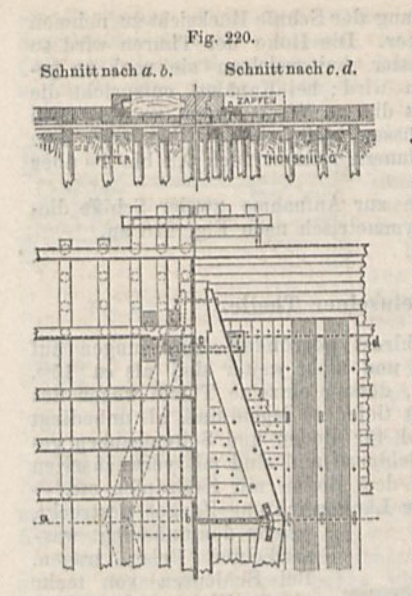


Fig. 220.

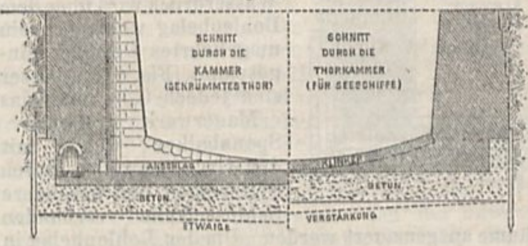
Schnitt nach *a. b.* Schnitt nach *c. d.*



spundwände sind unter der Hauptschwelle, von wo sie sich als Flügelspundwände hinter den Mauern bis fast zur Höhe des Oberwassers fortsetzen, ferner an jedem Ende oder dem Abfallboden nöthig; Längsspundwände sind ganz entbehrlich, oft sogar schädlich, wenn sie nicht etwa der bequemeren Fundirung wegen ausgeführt werden. Als Beispiel zu der vorstehenden Darstellung möge Fig. 220 dienen.

Steinerne Böden wendet man meist nur bei sehr grossen Schleusen an, und wo eine Fundirung durch Beton oder durch direktes Mauern möglich ist. In der Kammer, auch in der Thorkammer, bildet man den Boden auch wohl nur aus Beton ohne Uebermauerung. Das Mauerwerk wird mit Ausnahme desjenigen in der Thorkammer als verkehrtes Gewölbe, mit Beachtung der Schiffsform bei der Wahl der Wölblinie, aus Quadern oder Klinkern ausgeführt, der Abfallboden stets aus ersteren; namentlich aber müssen die Drempel und alle vorspringenden Kanten aus besten Quadern, mit horizontaler Verschränkung hergestellt werden. (Fig. 221).

Fig. 221.



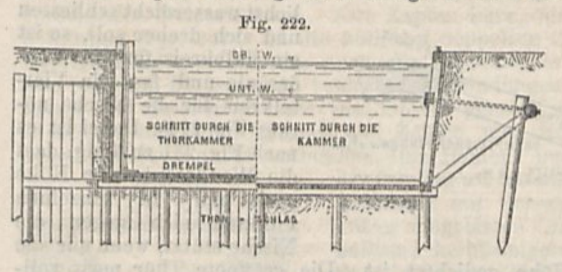
Fundamente aus Beton sind ringsherum durch Spundwände einzuschliessen, unter dem Drempel sind dieselben nicht unbedingt und nur bei grossen Schleusen nöthig, wo sie sich dann als Flügelspundwände nach den Seiten fortsetzen; sie dürfen nie durch die Betonmasse hindurch reichen, sondern müssen unterhalb derselben mit der Grundsäge abgeschnitten werden. Zuweilen kann man die Spundwände theilweise durch eine tiefere Betonlage ersetzen. Werden die Fundamente direkt gemauert, so sind Spundwände wie bei hölzernen Böden erforderlich.

In der Kammer kann der Boden in manchen Fällen ungedeckt bleiben, oder er erhält nur eine Abdeckung mit grossen Steinen, event. auf einer Unterlage von Buschwerk; es ist dann aber auf einen sorgfältigen Abschluss der Häupter zu achten. (Vergl. Ztschr. d. Hann. Arch.- u. Ing.-Vereins 1866, Papenburg.)

Die Seitenwände der Kammer werden zuweilen mit grosser Kostenersparniss aus Erde oder Buschwerk, sonst aus Holz, Eisen oder Stein gebildet. Hölzerne Wände werden ganz aus Eichenholz

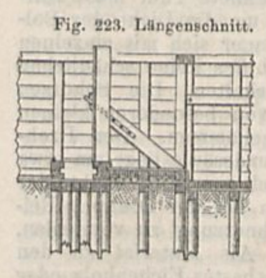
und wie ein aufgeständertes Bohlwerk, jedoch mit besonderer Vorsicht bei der Verankerung und Verstrebung der Thürständer, ausgeführt. Für Kanäle (bes. im Moor), wo ein Verkehr erst entstehen soll und eine spätere Vergrösserung der Schiffe zu erwarten ist, sind dieselben wegen ihrer grossen Billigkeit sehr zu empfehlen. Als Beispiel diene Fig. 222 (s. auch die soeben angegebene Quelle).

Fig. 222.



Die Ausführung eiserner Seitenwände ist der der eisernen Bohlwerke (s. S. 49) gleich; bei Seiten-Mauern ist wegen des rasch wechselnden Wasserstandes vor und des hohen Wassers hinter denselben grössere Vorsicht als bei den gewöhnlichen Ufermauern aufzuwenden; sie erhalten 40 bis 45 pZt. der Höhe zur mittleren Dicke und zweckmässig vordere Böschung in der Kammer und neben dem Vorboden, nicht aber in der Thorkammer. Bei Betonfundirung liegen die seitlichen Betondämme meistens voll unter der Mauer, besonders wo der Schleusenboden aus einem verkehrten Gewölbe gebildet ist. Die hinteren Abtreppungen der Mauer sind der Wasseradern wegen abzuschrägen. Hinter jeder Thorsäule wird zur Aufnahme der Verankerung der Thore und zum Schutz gegen Wasseradern ein senkrechter starker Hinterpfeiler aufgeführt, gegen welchen sich zugleich die Flügelspundwände lehnen. Bei grossen Schleusen und starkem Wasserdruck erhalten auch oft die beiden Seiten der Kammer mehre solche Hinterpfeiler.

Fig. 223. Längenschnitt.



Die Flügel schliessen sich bei kleinen Kanalschleusen rechtwinklig an die Seitenwände an, bei Seeschleusen der bequemeren Einfahrt wegen meist schräg; zuweilen sind dieselben auch gekrümmt und als Stützmauer geböscht, besonders wenn die Schleuse in einem Deiche liegt, u U. mit Treppen statt der Deckplatten.

Als Material für die Mauern dienen entweder lagerhafte Bruchsteine mit Quaderverblendung, oder Backsteine mit Verblendung von Klinkern. Hohle Räume im Innern der Bruchsteinmauern können sehr gefährlich werden und sind deshalb sorgfältig zu vermeiden. Alle Ecken und besonders die Wendenische werden aus guten Quadern hergestellt, bei letzterer die Quadern aber nicht vor dem Versetzen fein bearbeitet, sondern besser erst nachher, nach einer für die ganze Nische dienenden Schablone, die auch direkt zum Abschleifen der Steine benutzt werden kann.

Durch die Anbringung von Treppen, eisernen Leitern, Ringsteinen etc. an den Mauern ist die Benutzung der Schleuse möglichst bequem zu machen.

Als Verschlussvorrichtung sind Zweiflügeldrehthüren fast allein gebräuchlich; sie schlagen unten gegen den Drempel und stemmen sich mit den Schlagsäulen so gegeneinander, dass mittels der horizontalen Verbindung derselben mit der Wendesäule (gewöhn-

lich Riegel) der Druck auf die Wendenische gelangt. Unter ungünstigen Umständen wird der Drempel gar nicht von den Thoren berührt; deshalb muss im geschlossenen Zustande die horizontale Mittellinie (Drucklinie) gut unterstützt sein, und da die Thür möglichst wasserdicht schliessen und sich drehen soll, so ist ein Halbkreis für die Wendesäule und fast ein Viertelkreis für die Nische nöthig (Fig. 224). Dabei ist es nach Fig. 231 zulässig, dass die Wendesäule der Höhe nach nur in einzelnen Punkten sich gegen die Nische stützt, wenn nur die Fuge in ganzer Höhe gedichtet ist. Die geöffnete Thür muss vollständig in der Thürnische liegen, mindestens um die Dicke der Bolzenköpfe etc. zurückspringen und gegen die Mauer sich mit einzelnen festen Punkten lehnen, um event. von den Schiffen keine schädlichen Stösse zu erhalten. Die Schützen etc. werden von besonderen kleinen Nischen aufgenommen. Der Drehpunkt der Wendesäule liegt um etwa 2^{zm} exzentrisch zum Mittelpunkte der Rundung, um bei der Drehung Reibung und Abnutzung zu vermeiden, (Fig. 225). Als Material zu den Thüren dient bestes Eichenholz oder Schmiedeeisen; Gusseisen darf seines geringen Widerstandes gegen Stösse, Frost etc. wegen nur zu einzelnen kleinen Stücken verwendet werden.

Fig. 224.

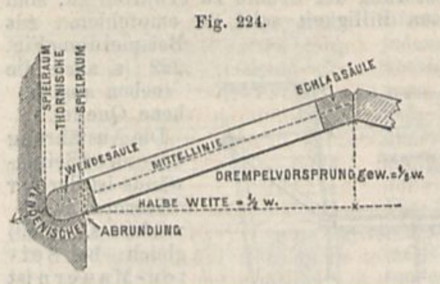
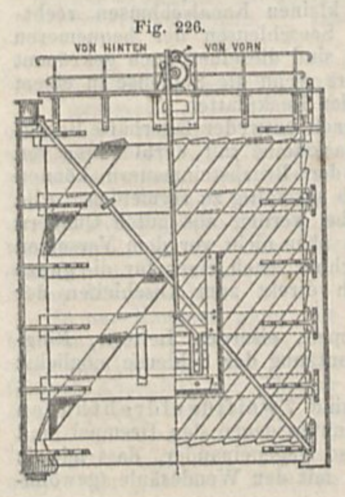


Fig. 225.



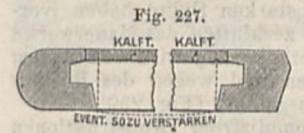
Holzthüren finden nur bei Schleusen bis ca. 13^{m} Weite Anwendung, bei grösseren sind sie unbedingt unvortheilhaft. Sie kosten bei kleinen Schleusen etwa die Hälfte bis ein Drittel der eisernen Thüren und halten 20—25 Jahre; da sie ganz gehobelt werden müssen und überhaupt eine Bearbeitung wie vom Tischler erfordern, stellt sich ihr Arbeitspreis auf etwa 60 Mk. pro kb^{m}. Ausser dem Wasserdruck ist besonders Versacken durch Eigengewicht im geöffneten Zustande und Verbiegung beim Oeffnen zu beachten. Deshalb wende man nur durchaus einfache und dauerhafte Konstruktionen an, etwa wie Fig. 226, und suche den Thüren eine möglichst günstige Form, namentlich grössere Höhe als

Fig. 226.



Breite zu geben, was sich, wenn nicht anders, durch Tieferlegung des Oberdrempels erreichen lässt. Laufrollen unter den Thüren befördern die Verbiegung beim Oeffnen; man ersetzt sie durch starke Verstrebung, Zugbänder zu beiden Seiten und starken Eisenbeschlag aus einfach umgelegten Bügeln (nicht langen Schienen etc.) mit entsprechenden Bolzenlöchern. Alle Zapfen kurz, einfach, ev. schwach keilförmig (Fig. 227), da die üblichen doppelten Zapfen das krummfaserige Holz zerschnitzen, auch die Zapfenlöcher nicht genau werden, wodurch Fäulniss und schlechte Verbindungen entstehen. Rahmhölzer und Streben (letzere um 30—40° geneigt und ev. 2 übereinander) werden durch Versatz und Zapfen mit der Wendesäule und bezw. der Schlagsäule verbunden, die Bohlen, um die Wirksamkeit der Streben zu unterstützen, parallel zu denselben mit Versatz in die Umfangshölzer eingelassen und unter sich mit halbem, keilförmigem Falz verbunden und kalfatert (Fig. 227). Die Stärke der Hölzer richtet sich nach der Weite der Schleuse und dem Wasserdruck; die Bohlen erhalten 5—8zm, die Streben, da sie allein bei der Kreuzung mit den Riegeln auszuschneiden sind, nur die doppelte Stärke, aber möglichst grosse Breite; die Riegel sind nach der anzunehmenden Entfernung, die theilweise von den Schützen beeinflusst wird, gegen Biegen und ausserdem gegen Stemmen zu berechnen. Theoretisch kann die Entfernung von oben nach unten ab- oder die Stärke zunehmen; weil aber die oberen Riegel durch Stösse, Fäulniss etc. mehr als die unteren leiden, so muss die Berechnung hiernach modizifirt werden. Um zu dicke Umfangshölzer zu vermeiden, nimmt man die Riegel wohl an den Enden etwas schwächer als in der Mitte, die Umfangshölzer so stark, als Riegel und Bohlen zusammen, dabei die Wendesäule 1¼, die Schlagsäule 1¼ breiter als dick, das obere und untere Rahmholz fast quadratisch.

Fig. 227.



Der untere Drehzapfen der Thüren, aus Schmiedeeisen mit stählernem Kopf, unten viereckig, steht am besten aufrecht im Boden und ist dort in eine starke gusseiserne Platte eingegossen; die Pfanne, welche den Zapfen oben genau, unten mit wenig Spielraum umschliesst, ist mit einem gusseisernen, innen möglichst ebenen und einfachen Schuh verbunden, welcher die volle Wendesäule trägt und auch den Unterrahmen noch stützt (Fig. 228). Die ältere Konstruktion mit abwärts gekehrtem Zapfen und Pfanne in der Fussplatte ist als theurer und unsolider unbedingt zu verwerfen. Der obere Zapfen kann ähnlich wie die Pfanne konstruirt werden und muss dann zur Befestigung der Zugstangen dienen (Fig. 229), oder der Kopf der Wendesäule wird zylindrisch geschnitten und mit einem schmiedeeisernen Ring versehen. (Ausserdem alles Hirnholz bedeckt.) Dadurch tritt aber leicht ein Aufspalten der Wendesäule ein, besonders wenn

Fig. 229.

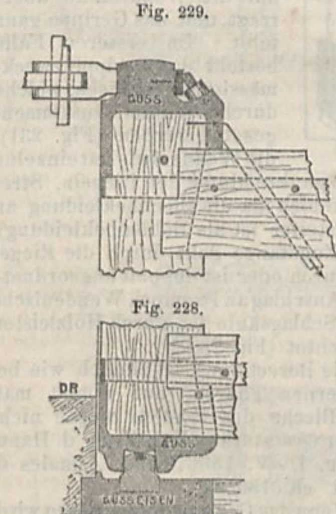
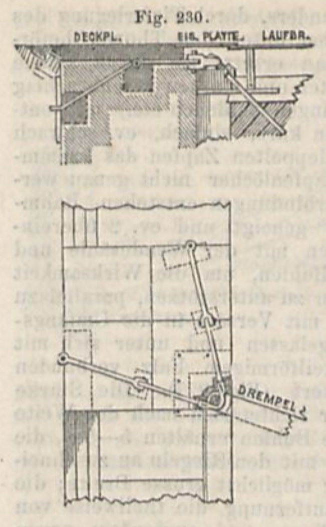


Fig. 228.

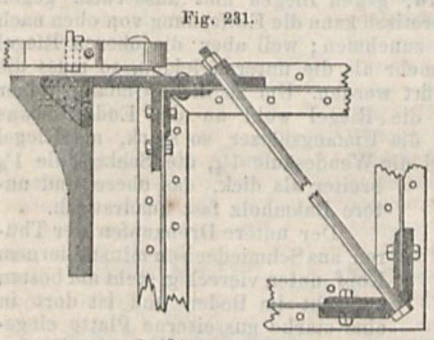
Fig. 230.



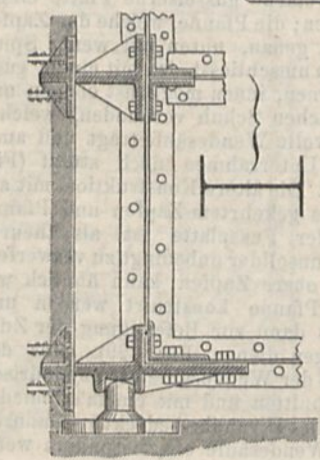
der Zug der Zugstangen nicht unschädlich gemacht wird. Das Halseisen, welches nie aus Gusseisen sein darf und mit einer Korrektions-Vorrichtung durch 2 vertikale Stahlkeile zum genauen Zentriren versehen sein muss, ist gegen stossweisen Zug zu verankern, am besten durch 2 Ankerarme, die nahezu den ganzen Drehwinkel der Thüre umfassen, tief in, bezw. durch das Mauerwerk gehen, bei schweren Thüren etwa von der hinteren Hälfte an schräg abwärts geneigt sind und **nur** am Ende einen starken Splint haben (vordere Splinte zerklüften das Mauerwerk). Die ganze Verankerung wird von bestem Schmiedeeisen und wegen des Rostens überstark ausgeführt (Fig. 230).

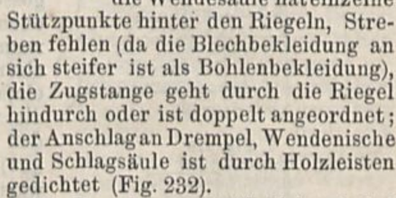
Die komplizirten Konstruktionen grösserer hölzerner Thore, die für Seeschleusen ausgeführt sind, scheinen gegen die einfachen eisernen Konstruktionen in jeder Hinsicht unzweckmässig.

Fig. 231.



Eiserne Thüren werden nach 2 Hauptprinzipien konstruirt, entweder ähnlich wie Holzthüren aus Gerippe und Bekleidung, oder so, dass das Bekleidungsblech vorzüglich den Druck von der Schlagsäule auf die Wendesäule überträgt und das Gerippe ganz fehlt. Im ersteren Falle besteht das Gerippe zweckmässig aus ⊢⊣ Eisen, welche durch Winkel zusammengesetzt werden (Fig. 231); die Wendesäule hat einzelne Stützpunkte hinter den Riegeln, Streben fehlen (da die Blechbekleidung an sich steifer ist als Bohlenbekleidung), die Zugstange geht durch die Riegel hindurch oder ist doppelt angeordnet; der Anschlag an Drempel, Wendenische und Schlagsäule ist durch Holzleisten gedichtet (Fig. 232).





Die Berechnung ist ähnlich wie bei hölzernen Thüren, nur nimmt man die Bleche des Rostens wegen nicht unter 6mm stark. (Vgl. Zsch. d. Hann. A.- u. I.-V. 1866, und Annales d. p. et. ch. 1865).

Wenn das Gerippe fortgelassen wird, so muss die Thür im Grundriss nach der Kreislinie geformt sein, damit alle Drücke in die Blechwand fallen. Für

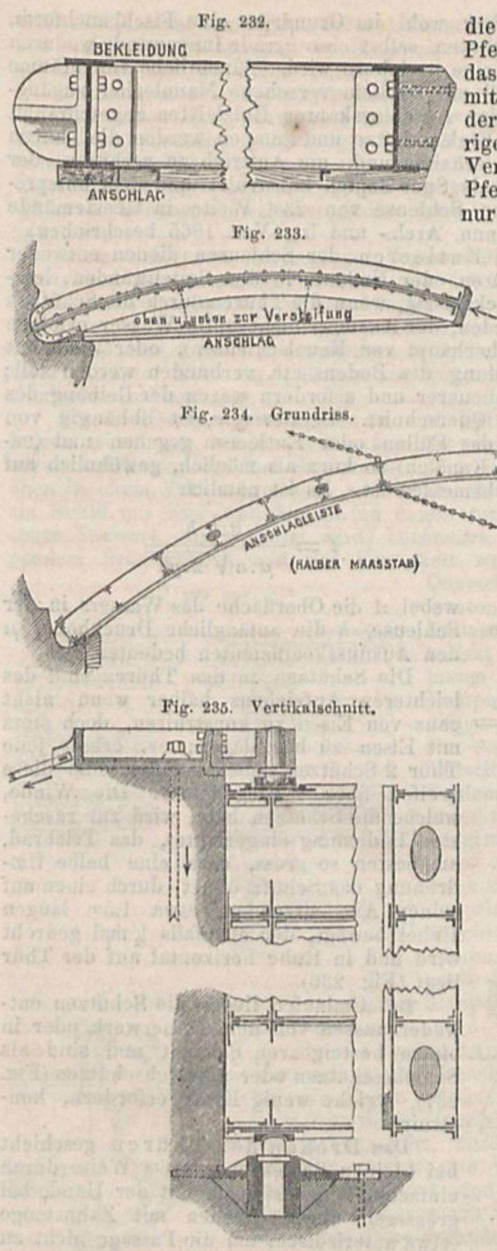


Fig. 232.

Fig. 233.

Fig. 234. Grundriss.

Fig. 235. Vertikalschnitt.

die Thüren allein wäre eine Pfeilhöhe = $^1/_8$ der Weite das beste Verhältniss, aber mit Rücksicht auf die Tiefe der Thür-Nischen, schwierige Konstruktion, leichtere Verbiegung etc. beträgt die Pfeilhöhe des Bogens etwa nur $^1/_6$ der Schleusenweite. Für kleinere Schleusen, etwa bis 13^m, genügt einfaches, des Rostens wegen mindestens 6^{mm} starkes Blech, dessen horizontale Fugen zu beiden Seiten durch ⊢ Eisen überdeckt werden, welche die Verbiegung der Thür verhindern und die Bildung einer Wende- und Schlagsäule ermöglichen. (Fig. 233). Oben und unten, event in der Mitte, werden segmentförmige Bleche sowie vertikale Bänder angenietet.

Bei grösseren Schleusen, von etwa 13^m Weite an, würden einfache Bleche zu stark werden. Man bildet deshalb die Thür aus doppelten Blechwänden in mindestens 0,5^m Entfernung von einander (so dass ein Arbeiter dazwischen gelangen kann) mit horizontalen Versteifungsblechen dazwischen und 2—3 vertikalen Zwischenwänden, welche letztere dazu dienen, die Bewegungen der Thür unschädlich zu machen, und erhält auf diese Weise einen wasserdichten Kasten oder eine s c h w i m m e n d e Thür. Die Bleche werden in der Nähe der Wendesäule und unten stärker genommen als in den übrigen Theilen,

auch giebt man der Thür wohl im Grundriss eine Fischbauchform, um Verbiegungen zu verhüten, selbst eine gerade Innenwand, wodurch die Berechnung jedoch eine unsichere wird. Sämmtliche Innenräume werden durch zum Theil mit Deckeln versehene Mannlöcher zugänglich gemacht und an allen Anschlagskanten Holzleisten angeschraubt. (Fig. 234, 235). Durch Einlasschütze und Pumpen werden die Thüren annähernd schwimmend erhalten und, um Auftrieb zu verhüten, der obere Zapfen ebenfalls als Spur-Zapfen konstruirt und dem entsprechend verankert. (Eine Schleuse von 23ᵐ Weite in Geestemünde ist in der Ztschr. d. Hann. Arch.- und Ing.-Ver. 1865 beschrieben).

Zum Füllen und Entleeren der Schleusen dienen entweder Schützen in den Thüren oder Umläufe in den Seitenwänden; letztere sind nur dann zweckmässig, wenn die Thüren durch die Schützen zu sehr geschwächt würden, der Ausfluss nicht unter Wasser erfolgen könnte (wie bei dem Oberhaupt von Kanalschleusen), oder wenn mit den Umläufen eine Spülung des Bodens etc. verbunden werden soll; sonst sind diese stets theuerer und erfordern wegen der Reibung des Wassers etc. grösseren Querschnitt. Letzterer, a, ist abhängig von der Zeit t, welche für das Füllen oder Entleeren gegeben und (namentlich bei frequenten Kanälen) so kurz als möglich, gewöhnlich auf etwa 3—5 Minuten zu bemessen ist. Es ist nämlich

$$t = \frac{2A.h}{\mu.a\sqrt{2.gh}}$$

Fig. 236.

wobei A die Oberfläche des Wassers in der Schleuse, h die anfängliche Druckhöhe, μ den Ausflusskoeffizienten bedeuten.

Die Schützen in den Thüren sind des leichteren Aufziehens halber wenn nicht ganz von Eisen zu konstruiren, doch stets mit Eisen zu beschlagen; ev. erhält jede Thür 2 Schützen nebeneinander, oder diese greifen über 2 Riegelfelder. Die Winde, welche die Schützen hebt, wird zur raschesten Bedienung eingerichtet, das Triebrad, am besten so gross, dass eine halbe Umdrehung das Schütz öffnet, durch einen auf seiner Axe sitzenden, etwa 1,5ᵐ langen Hebel bewegt, der ebenfalls ¼ mal gedreht wird und in Ruhe horizontal auf der Thür liegt (Fig. 236).

Fig. 237.

Bei Umläufen liegen die Schützen entweder aussen vor dem Mauerwerk oder in einem besteigbaren Schacht und sind als Schiebeschützen oder als Drehschützen (Fig. 237), welche wenig Kraft erfordern, konstruirt.

Das Drehen der Thüren geschieht bei kleinen Schleusen bis 6ᵐ Weite durch einfache Schiebestangen mit der Hand, bei grösseren durch Winden mit Zahnstange (etwa unterirdisch, um die Passage nicht zu behindern) oder mit Schiebestange und Kette (oder Tau), wobei die Stange noch an der Schlagsäule angreift; bei grossen Seeschleusen

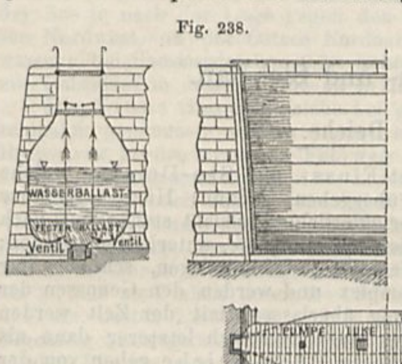
meist mit Ketten von beiden Seiten, die etwa auf halber Wassertiefe und auf ⅓ der Entfernung der Wendesäule von der Schlagsäule angreifen und über Leitrollen durch Schachte nach den Winden gehen, welche letzteren ev. durch hydraulische Kraft getrieben werden.

Auf jeder Thür wird eine etwa 0,5m breite, am besten nach Aussen auf Konsolen vorgekragte Laufbrücke mit Geländer angebracht. Zuweilen führt auch eine Fahrbrücke über die Schleuse, die dann als Zug- oder Drehbrücke konstruirt ist; nur bei Kanalschleusen kommen in seltenen Fällen feste Brücken über dem Unterhaupt vor.

Wenn Schleusen mit geringer Wasserdifferenz nur von Schiffen ohne Mast passirt werden, wendet man statt der Drehthüren auch Schiebethüren an; dieselben hängen oben an Rollen, welche auf einer festen Bahn laufen, werden unten ebenfalls durch Rollen geführt und sind mittels hydraulischen Zylinders und über eine Leitrolle gehender Kette in ½ Minute zu öffnen. (Ausgeführt beim Sandthorhafen in Hamburg).

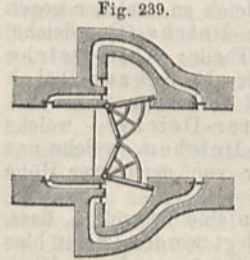
Ferner dienen sogen. Pontons zum Verschluss von Schleusen, jedoch meist nur bei Trockendocks. Sie sind in der Seitenansicht etwas keilförmig, um bei Hochwasser oder in leerem Zustande von oben in einen Falz eingelassen zu werden, meist aus Eisen und wie ein Schiff mit Kiel und Steven (an denen zur Dichtung glattgeflochtenes Tauwerk etc. befestigt wird) konstruirt, mit möglichst tief liegendem Schwerpunkt und der Festigkeit wegen mit birnförmigem Querschnitt. Zum Senken des Pontons wird zu dem festen Ballast am Boden noch Wasserballast durch Ventile eingelassen und beim Heben durch Pumpen wieder entfernt (Fig. 238).

Fig. 238.



Ausser dem gewöhnlichen Verschluss besitzt fast jede Schleuse an ihren Enden, mitunter auch in der Mitte etc., Dammfalze, um die Schleuse ganz oder theilweise trocken legen zu können. Sie sind meist doppelt, in 1—1,5m Abstand angebracht, und sind bei grossen Weiten für die inneren Balken noch Schuhe in den Boden eingelassen, um Ständer und Streben einsetzen zu können.

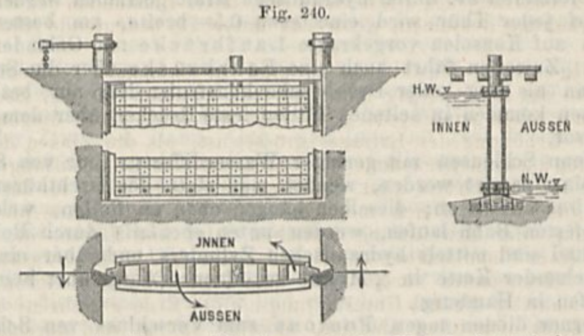
Fig. 239.



Spülvorrichtungen sind nöthig, wo Versandung oder Verschlammung zu befürchten ist. Es dienen als solche entweder sog. Spindelthüren in den Hauptthüren, die wie ein Drehschütz konstruirt, durch einen Arm oben zugehalten werden; sie schwächen indessen die Hauptthüren und sind unsolide; besser sind sog. Fächerthüren mit ungleichen Flügeln, die bei jedem Wasserstande innen und aussen geöffnet und geschlossen werden können (Fig. 239, ausgeführt mit fast 12m Weite in Bremerhaven, andere ähnliche Konstruktionen in Holland); oder am besten besondere Spülschleusen,

als grosses Drehschütz von 6—7^{m} Breite mit ungleichen Flügeln (5 : 7) konstruirt, welches sich um eine senkrechte Axe dreht und wobei der grössere Flügel im geschlossenen Zustand durch einen halb-

Fig. 240.



zylindrischen, drehbaren Ständer mittels Hebel festgehalten wird (Fig. 240). Sie sind nur in Seehäfen bei grosser Fluthdifferenz gebräuchlich, und in der Regel ist ein besonderes Spülbassin dafür angelegt.

VI. Deich- und Siel-Bau.

1. Deiche.

Man unterscheidet zunächst Fluss- und See-Deiche, welche aber unmerklich in einander übergehen, sodann: Haupt-Deiche (Bann-Deiche), welche unter obrigkeitlicher Aufsicht stehen und nach dem Deich-Statut oder der Deich-Ordnung etc. unterhalten werden; Polder-Deiche, meist vor dem Hauptdeich belegen, schützen nur einen gewissen kleinen Landkomplex und werden den Genossen der Einpolderung zur Beaufsichtigung überlassen, mit der Zeit werden sie zuweilen zum Hauptdeich erhoben, wodurch letzterer dann als Schlafdeich noch zur Reserve dient; Rück-Deiche gehen von der Hauptlinie eines Deiches ab und an einem Nebengewässer entlang, entweder bis zu einer natürlichen Bodenerhebung, oder sie schliessen sich an einen, meist etwas niedrigeren Achterdeich an, welcher gegen ein anderes Binnen-Wasser schützt; Binnen-Deiche (Querdeiche) theilen die eingedeichte Fläche in einzelne Theile; Kaje-Deiche (oft Achterdeiche) halten höheres Binnenwasser ab; Schaar-Deich heisst jeder Deich, vor welchem kein Vorland vorhanden ist.

Nach dem Zweck unterscheidet man Winter-Deiche — welche gegen das höchste Wasser — von Sommer-Deichen, welche nur unter besonderen Verhältnissen gegen Wasser von geringerer Höhe schützen sollen.

Allgemeine Folgen von Eindeichungen sind besonders, dass, wenn nicht grosse Einlassschleusen etc. angelegt werden, nicht blos die Erhöhung des eingedeichten Thales aufhört, sondern durch verstärkte Entwässerung ein Sinken des Bodens, bisweilen um mehr als 1^{m}, eintreten kann und die Trockenhaltung desselben dann

sehr erschwert wird; dass das Vorland, wenn es nicht zu schmal und von der konzentrirten Strömung angegriffen wird, sich erhöht und nun um so mehr die Hochwasserstände wachsen; in der Regel tritt auch eine Verbesserung des Flussbettes ein, unter Umständen jedoch auch eine Erhöhung desselben, wenn sich unterhalb bedeutende Alluvionen bilden.

Allgemeine Rücksichten sind in ökonomischer Beziehung, dass man die Eindeichung nicht zu früh ausführt (an der See muss das Land schon mindestens 1,3m über der ord. Fluth liegen) und dass die Erhöhung des Ertrages grösser ist, als die Zinsen der Anlagekosten zusammengenommen mit den Kosten der Unterhaltung; technische Rücksichten sind, dass eine genügende Weite für das Hochwasser bleibt, der Deich möglichst dem Flussbett, ohne plötzliche Verengung oder Erweiterung desselben, folgt und Ecken, ev. durch Anlage eines Flügeldeiches oder Leitdammes für das Hochwasser, vermeidet. Genügendes Vorland soll dem Deiche einen sicheren Stand und gleichzeitig die zur Unterhaltung nöthige Erde gewähren; endlich soll derselbe nicht über niedrige, moorige Stellen und durchlässigen Boden führen und grosse Teiche, Kolke etc. ausserhalb lassen.

Einzelne Theile und Abmessungen.

Höhe bei Winterdeichen an Flüssen 0,6—1m über dem höchsten Wasser (abgesehen von der Höhe des Wassers bei Eisstopfung); an der See je nach der Lage gegen den stärksten Wind (an der Nordsee Nordwest, an der Ostsee Nordost) 0,6 — 2,5m über dem Hochwasser; bei Sommerdeichen 0,3m höher als das betreffende Wasser, mit Ueberlauf in dessen Höhe an bestimmter Stelle.

Die Krone (Kappe), welche bei guter Erde und günstiger Lage schmaler genommen werden kann, erhält bei Winterdeichen eine Breite von 2—3m, wenn ein Fahrweg auf dem Deiche angelegt wird, 5—7m, bei Sommerdeichen 1,0 — 1,5m und wird, besonders gegen Wellenschlag, nach aussen etwas geneigt.

Die Böschung ist im Allgemeinen von der Erdart und dem Angriff abhängig; für Winterdeiche aussen an Flüssen 2—4-, an der See 3—6-, innen 1—2malig, für Sommerdeiche innen und aussen 2 bis 3-, nur am Umlauf innen 6—10malig. An- und Ueberfahrten werden am besten 2,5m breit, mit Steigung bis 1 : 12 schräg an der Böschung hinaufgeführt; statt ihrer sind, wo sichere Wartung vorhanden, Durchfahrten (oder sog. Lücken, Scharten) zulässig, deren Sohle etwas über dem gew. Sommer-Hochwasser durch Herdmauern (nicht durch Spundwände, die hier der Fäulniss unterworfen sind) etc. im Grunde zu sichern und welche mit, am besten doppelten, Dammbalken, Schützen oder Drehthüren geschlossen werden können. Unter Umständen werden auch bewegliche Zwischenstützen angebracht.

Bankette oder Fussdeiche werden auf der Binnenseite ev. als Fahrweg, oder wo bei Flussdeichen durchlässiger Untergrund vorkommt, etwa 1—2m über dem Maifeld angelegt und sind oft sehr nützlich bei der Vertheidigung des Deiches.

Gräben sind aussen und besonders binnen, je nach der Erdart, mindestens einige Meter vom Deichfuss entfernt zu halten; zwischen ihnen und dem Deichfusse liegt die sog. Deichberme.

Die Deicherde, möglichst thonig, ist von aussen, wo sie sich wieder ersetzt, und in gewisser Entfernung vom Deiche zu entnehmen und sind dabei in den Püttgruben kleine Dämme zur raschen Aufschlickung stehen zu lassen.

Die Bekleidung der Deiche ist besonders für die Aussenseite wichtig; man bildet dieselbe meist aus festem Rasen (von 10zm Dicke und höchstens 20zm Seite), der spätestens im Sommer gelegt sein muss; Besamung findet höchstens im Frühjahr oder auf der Innenseite und für unfertige Deiche statt; Busch wird nur interimistisch, Strohstickung nur gegen Wellenschlag auf frischen oder beschädigten Deichen und fettem Klai angebracht. Das Stroh wird 10zm hoch von oben nach unten ausgebreitet und die Querbündel in 15zm Entfernung und mit Versatz durch gegabelte, 15—20zm tief in den Boden gepresste Nadeln befestigt. Eine solche Strohstickung hält fast 1 Jahr.

Steindeckung erhält besonders der untere Theil von Seedeichen; sie wird bei mässigem Wellenschlag von hochkantigen, möglichst grossen Backsteinen auf einer Unterlage von Plattschichten gebildet, bei starkem Wellenschlag von grossen gespaltenen Blöcken oder Quadern, die eine Unterlage von Steinbrocken erhalten und nach Erfordern mit Zement vergossen und verzwickt werden. Gegen heftigen Eisgang muss der Deich durch schräge Pfähle geschützt werden.

Die Kappe wird am besten grün gehalten; wenn ein Weg auf derselben liegt aber mit Sand oder Kies bedeckt; Pflasterung wird zu theuer.

Ueber besondere Schutzanlagen vor den Deichen s. die Abschn.: Ufer- und Flussbau.

Um das Durchquellen des Wassers zu verhüten, wird wohl ein besonderer Kern aus fetter Erde unter der Deichbasis eingebracht.

Bei der Ausführung werden die Profile des Deichs in je 25m Entfernung abgesteckt und nachdem der Boden gereinigt und von Rasen befreit ist, die Erde in dünnen Lagen von etwa 30zm mit Wölbung aufgebracht, und wenn sie nicht mit Wagen aufgefahren worden, festgestampft. Des späteren Sackens wegen wird der Deich um $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{6}$ überhöht. Wenn ein neuer Deich nicht mehr in guter Jahreszeit geschlossen und seine Oberfläche fest werden kann, ist es besser, eine oder mehre Oeffnungen zu lassen, in denen das Wasser unschädlich ein- und austreten kann.

Zur Unterhaltung werden Höhenpfähle in Abständen von etwa 100m aufgestellt und von Zeit zu Zeit nachnivellirt; die Schauung findet im Frühjahr und Herbst statt. Auf dem Deiche sollen weder Unkraut noch Bäume etc. geduldet werden.

Die Vertheidigung richtet sich bei Flussdeichen gegen Durchquellen und Ueberlaufen; im ersteren Falle wird eine Belastung durch Sandsäcke etc. aussen und innen aufgebracht und auf der Innenseite ein Qualmdeich um die Leckstelle aufgeworfen; gegen Ueberlaufen, auch der Seedeiche, schützt ein Aufkahden (durch Bretter, Pfähle, Mist an der Aussenkante; gegen den Wellenschlag bei Seedeichen während des Sturmes hilft kein Mittel.

Die Schliessung muss, wenn ein Kappsturz in alter Linie eingetreten ist, so rasch als möglich geschehen, und ist jedes Mittel recht; ein Grundbruch wird in der Regel innen herum geschlossen, weil der Kolk aussen von selbst verschwindet, innen aber stets Gefahr bringt.

2. Siele.

Die Siele (Deichschleusen) sind zwar ein Zubehör der Entwässerungsanstalt, jedoch Folge und Theil des betreffenden Deiches; sie unterliegen der Deichaufsicht, sind aber von den Entwässerungs-Genossen zu unterhalten. Ausser den gewöhnlichen Entwässerungs-

Sielen kommen auch noch Einlass-Siele (um zu Zeiten von Aussen Wasser einzulassen) vor, deren Konstruktion ganz oder bis auf geringe Theile der der Entwässerungs-Siele gleich ist, ferner sogen. Einlässe, grosse schleusenwehrartige Bauwerke im Deiche, um im Winter das Wasser bei der Fluth stark ein- und bei der Ebbe ausströmen und seinen Schlick absetzen zu lassen. Gewöhnlich sind die Siele bedeckt; offen nur in Sommerdeichen oder wo in Winterdeichen es die Schiffahrt erfordert, und dann entweder als blosse Schutzschleusen oder auch als Kammerschleusen konstruirt. Zu ihrer Anlage wählt man stets eine geschützte Stelle im niedrigsten Punkt der Entwässerung, mit gutem Baugrund; ein Kolk binnen ist gut zur Ausnutzung des Ebbegefälles.

Dimensionen.

Die Länge richtet sich nach dem Deichkörper, und zwar wählt man je nach dem Ergebniss eines Kostenvergleichs sowohl ein langes Hauptsiel mit kurzen Vorsielen (Fig. 241), als auch das Umgekehrte (Fig. 242); bei Holzkonstruktionen ist ein langes Hauptsiel stets vortheilhafter; die Weite wird nach dem abzuführenden grössten Wasser, ev. auch der Schiffahrt bestimmt, dabei binnen ein grösster zulässiger Stauspiegel und Ebbespiegel für ungünstige Umstände (z. B. lange Anschwellungen aussen etc.) angenommen, Zeitdauer und Druckhöhe des Ausflusses werden aus der Fluthkurve des Aussenwassers ermittelt (s. Ztschr. d. Hann. A.- u. I.-V. Bd. III u. Ztschr. f. Bw. 1871). Um unbequem grosse Weite zu vermeiden, legt man, besonders bei Holzbau, wohl 2 Siele neben einander, eine Anordnung, die sich bei Reparaturen sehr vortheilhaft erweist.

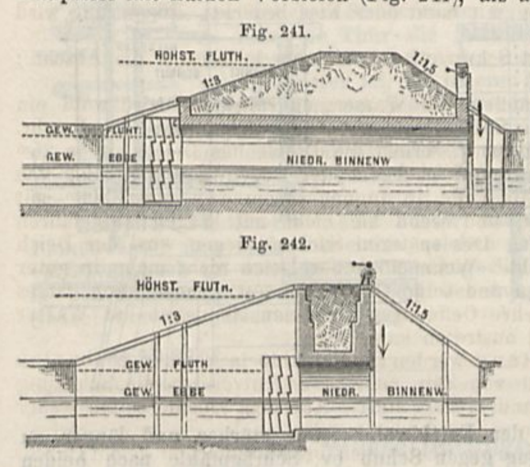


Fig. 241.

Fig. 242.

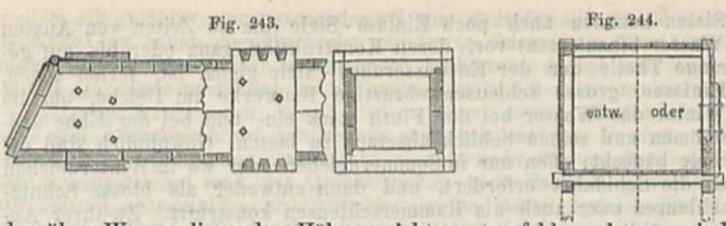
Die Tiefe des Sieles wird nach der möglichen Tiefe des Aussengrabens, dessen Verschlammung zu verhüten ist, bemessen und reicht gewöhnlich etwa 0,5—1ᵐ unter Niedrigwasser, die Höhe so, dass noch bei hohem Binnenwasser ein Kahn (zur Reparatur) hineinfahren kann.

Konstruktionen.

(S. bes. Storm-Buyssing's Waterbouwkunde u. versch. Jahrg. d. Hann. A.- u. I.-V.)

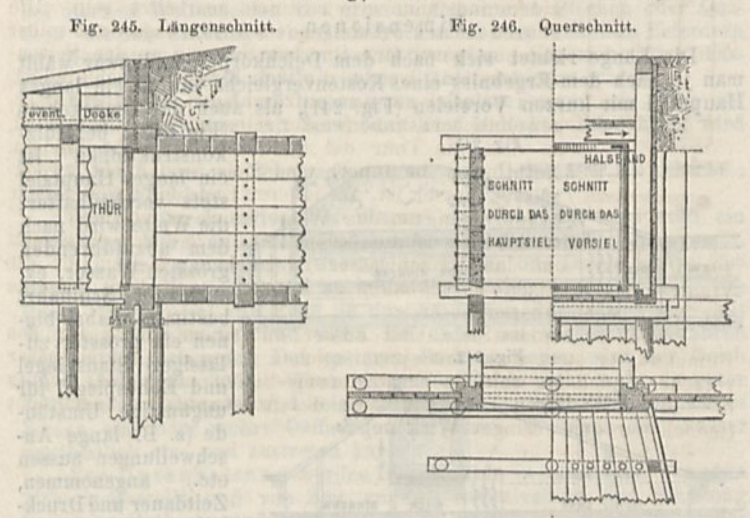
Holzsiele werden ganz aus Eichenholz gebaut, als: **Bohlen-Siele**, möglichst tief, bis 1,3ᵐ, mit vertikaler Klappe (Fig. 243); **Ständersiele** (Fig. 244) bis 3ᵐ Weite einfach, grössere mit Mittelwand; innen Ständer mit äusserer Bohlenverkleidung; sie sind jedoch wegen der raschen Fäulniss der Bohlen und der ungleichen Dauer

Fig. 243. Fig. 244.



der über Wasser liegenden Hölzer nicht zu empfehlen; besser sind Balken-Siele aus fast gleich starken Hölzern, ev. mit Mittelwand (Fig. 245, 246). Grundpfähle sind nur unter den Seitenwänden und ev. unter der Mittelwand nöthig; wenn sie nur in weichem Boden

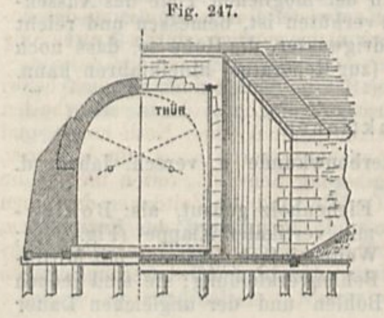
Fig. 245. Längenschnitt. Fig. 246. Querschnitt.



stehen, dann unter der Deichkrone etwas stärker und länger zu nehmen; zur Sicherung gegen Schub ev. Schrägpfähle nach beiden Enden; 4 Querspundwände (unter den vorderen Thüren als Flügelwand) und endlich gute Verbindung der Vorsiele mit dem Hauptsiel.

Alle Holzsiele haben den Nachtheil, dass die Decke leicht fault und der Boden durch die Strömung des Wassers, besonders wenn dasselbe sandhaltig ist, stark abgeschliffen wird.

Fig. 247.



Steinerne Siele werden entweder als Plattensiele konstruirt, bis 1,5ᵐ weit, mit möglichst wasserdicht verbundenen Platten, um Gefahr zu vermeiden; besser aber gemauert und mit einem überhöhten, aus 3 Mittelpunkten konstruirten Gewölbe überdeckt (Fig. 247). Für grössere Weiten als 6ᵐ eignen sich offene Siele besser. Der Boden wird aus einem schwach verkehrten Gewölbe

oder durch Spannbalken mit Zwischenmauerung, welche die Balken vor Abschleifung schützt, gebildet; die Fundirung meist auf Pfahlrost, dann sind jedoch gewöhnlich Schrägpfähle nöthig, weil grosse Gefahr vorhanden, dass die Flügelmauern durch den Deichschub vom Hauptsiel abreissen.

Zum Verschluss der Siele dienen auf der Aussenseite fast stets Stemmthüren, die oben ebenso wie unten anschlagen; der Drempelvorsprung beträgt aber nur $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{12}$ (so dass bei Holzböden der Drempel aus 1 Stück gefertigt wird). Grosse Sielthüren werden wie Schleusenthüren konstruirt, kleine, bis etwa 4^{m} Breite, nur aus senkrechten, am besten verzahnten Bohlen (Fig. 248). Ueber obere und untere Zapfen s. Schl. Der ganze Verschluss muss durchaus dauerhaft und widerstandsfähig gegen Stösse gearbeitet sein. Die Thüren müssen bei steigendem Aussenwasser von selbst zugehen, wozu eine Sperrvorrichtung an den Seitenwänden dient, welche die Thür für gewöhnlich hindert, ganz parallel zur Axe aufzuschlagen, aber bei aussergewöhnlichem Binnenwasser selbst zurückgedreht wird, so dass die Thür die Entwässerung nicht hindert. Noththüren im Innern des Siels sind nicht zweckmässig, besser ist, am inneren Ende ein zweites Paar anzubringen, um den Wasserdruck zu vertheilen.

Fig. 248.

Die Innenseite des Siels ist ausserdem stets noch durch ein Schütz verschliessbar, um das Binnenwasser in trockenen Zeiten (für die Viehtränken, Pflanzen) zurückhalten zu können, auch dient dasselbe zur Noth gegen Aussenwasser.

Besondere Einlass-Siele sind ausser mit einem Schütz für das Binnenwasser stets auch mit einem solchen gegen das Aussenwasser versehen, auch ist wohl in Entwässerungs-Sielen ein kleines Schütz in den Aussenthüren zum Einlassen des Aussenwassers angebracht (jedoch nur von geringer Wirkung).

VII. Wasserleitungen.

1. Entwässerung von Ländereien.

Zweck der Entwässerung ist, das überflüssige und schädliche Wasser von einem gewissen Gebiet in bestimmter Zeit nach gewissen Rezipienten abzuleiten, und zwar entweder durch Benutzung des natürlichen Gefälles oder, sobald dies nicht möglich, durch Anwendung von Wasser-Hebemaschinen.

Zur Erreichung dieses Zweckes ist im Allgemeinen nützlich bezw. nöthig, die abzuführende Wassermenge möglichst klein zu erhalten (fremdes Wasser deshalb abzusperren); nicht ohne Noth hohes und niedriges Land gemeinschaftlich zu entwässern, wenn für letzteres, wie z. B. in Marschen, die Entwässerung Schwierigkeiten bietet; die sog. Vorfluth, d. i. das nutzbare Gefälle, und die Zeitdauer desselben möglichst gross zu erhalten (also u. U. Regulirung des Rezipienten, Aufhebung von Stauanlagen ev. Entwässerung ins Unterwasser derselben). Ueber die Beschaffung der einzelnen Abwässerungsanlagen im Entwässerungs-Gebiet s. w. u.

Das Bedürfniss der Entwässerung richtet sich aber nach der Wassermenge zu verschiedenen Zeiten, nach der Bodenform, der Bodenart und Kultur, ist also sehr verschieden. Man kann durch zu tiefe Entwässerung ertragfähigen Boden ertraglos machen; Ueberschwemmungen sind unter Umständen und für gewisse Zeiten nützlich oder unschädlich; dagegen sind die einzelnen Abwässerungs-Anstalten nach der relativ grössten abzuführenden Wassermenge und den relativ ungünstigsten Umständen zu bemessen.

Die Wassermenge setzt sich zusammen aus dem nicht absorbirten atmosph. Niederschlag des Entwässerungs - Gebietes, dem von aussen zufliessenden Wasser und dem Quellwasser. Sie ist entweder im Ganzen oder nach jenen Theilen durch direkte Messung (oder Schätzung) zu bestimmen oder, und zwar besonders der atmosph. Niederschlag, durch Rechnung zu ermitteln. Dazu ist die Kenntniss meteorologischer Beobachtungen für die betreffende Gegend aus längerer Zeit (möglichst 20 Jahre) erforderlich, aber zu beachten, dass in Deutschland für nahe gelegene Punkte die Niederschlags-Menge oft um das Dreifache variirt (so hat z. B. Hildesheim eine Regenhöhe von rot. 52^{zm}, das nur 6 Meilen entfernte Clausthal eine solche von 145,4^{zm} pro Jahr. (Vgl. den Abschn. Meteorologie, Bd. I S. 365, sowie die Werke von E. E. Schmid, v. Möllendorf, Prestel, und die statist. Nachr. d. Preuss. Staates).

Für die Zwecke der Entwässerung hat das Jahresmittel wenig Bedeutung, dagegen kommt das Monatsmittel, die absolut grösste Niederschlagsmenge eines Monats, sowie diejenige eines Tages in Betracht. Für Nordwest-Deutschland gilt annähernd das Verhältniss (in absoluten Zahlen): Jahres-Niederschlag 100, kleinstes Monatsmittel 5,1, grösstes Monatsmittel 13,20, absolut grösster Niederschlag von einem Monat 24,97. Der grösste Tages - Niederschlag ist sehr verschieden. Im Allgemeinen haben das grösste Monatsmittel die Monate Juli und August, das kleinste die Monate Februar, März und April. Umgekehrt verhält sich die Verdunstung, so dass in jenen Monaten die kleinste Wassermenge, in diesen die grösste auf der Oberfläche vorhanden ist. Die Verdunstung ist also sehr zu berücksichtigen, wenn auch nur wenige Beobachtungen derselben vorliegen.

Wegen des verschiedenen Verhaltens des Entwässerungs-Gebietes (s. Flussbau) und der verschiedenen Ansprüche lassen sich etwa 5 Hauptfälle der Entwässerung unterscheiden:

1) Entwässerung in bergiger Gegend. Die atmosph. Niederschläge fliessen rasch und mit wenig Verlust (etwa $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{5}$ für Verdunstung, Absorption durch Pflanzen und Boden) zusammen, daher ist die grösste Niederschlagsmenge eines Tages, die bei Gewittern im Sommer 5—7^{zm} beträgt, ebenso rasch abzuführen; sie giebt die grösste Wassermenge unter den vorkommenden Fällen. Bei der Entwässerung von Städten sind die gleichen Umstände zu berücksichtigen; bei grossen Berggebieten und verschiedenen Wasserläufen tritt dadurch eine Ermässigung ein, dass die Niederschläge nicht gleichzeitig zusammenfliessen.

2) Entwässerung in hügeliger Gegend. Hier ergiebt der Niederschlag eines Tages, besonders bei ausgedehnten Gebieten, in welche die Niederschläge nicht gleich stark eintreten und ein grosser Theil derselben bei mässiger Neigung des Bodens von den Wäldern und Aeckern im Sommer verschluckt wird (incl. Verdunstung $\frac{1}{5}$ bis $\frac{2}{5}$) unter Umständen nicht mehr, als im Frühjahr der geschmolzene Winterschnee von 3—4 Monaten, welcher in 8—14 Tagen aufgethaut, nach geringer Verdunstung über dem gefrorenen Boden abfliesst.

Die grösste Wassermenge ist für die Anlagen maassgebend; je grösser das Gebiet, desto geringer ist verhältnissmässig diese Wassermenge, besonders beim Vorhandensein von Landseen etc.

3) Entwässerung in Flachgegenden. Hier ist der Zufluss nur ein langsamer, es sind meist Sammelgräben vorhanden, durch den Wind wird eine starke Verdunstung herbeigeführt; auch enthalten die Niederungen in der Regel Wiesen, die im Winter oder Frühjahr unter Wasser stehen dürfen; es kommt also gewöhnlich nur die grösste Niederschlagsmenge aus einem Sommer-Monat in Betracht, von welcher etwa $\frac{1}{3}$ für Verdunstung abgezogen werden kann. Die abzuführende Wassermenge ist dann in der Regel nur etwa $\frac{1}{3}$ so gross als die sub 2 angegebene, aber nur etwa $\frac{1}{40}$ so gross als die sub 1 besprochene. Zur Abhaltung von Schneewasser von niedrigen Stellen kann event. Bedeichung etc. angelegt werden.

4) Entwässerung in bedeichten Marschen. Die Wassermenge ist wie sub 3 zu berechnen; das Schneewasser ist auf den Wiesen unschädlich, ev. wird es zwischen Kajedeichen mit Klappsielen für die betr. Gräben, bei höherem Spiegel als Sommerwasser abgeführt. Es ist jedoch die Ansammlung der Niederschläge während des geschlossenen Sieles zu beachten (s. Sielbau), die bei Flüssen zuweilen wochenlang andauert, wodurch breite Sammelgräben (u. U. bis $\frac{1}{6}$ der ganzen Fläche) und Abzugsgräben erforderlich werden — und zwar letztere fast um so viel grösser als die konstant fliessenden Gräben, wie die Zuflusszeit grösser ist als die Abflusszeit. Hier ist besonders die Trennung des hohen und niedrigen Landes vortheilhaft.

5) Künstliche Entwässerung von Niederungen. Diese müssen je nach dem Klima spätestens Anfang März oder April, wenn der Graswuchs beginnt, in der Oberfläche trocken sein und im Sommer trocken erhalten werden. Dabei ist zu vergleichen, ob das abfliessende Schneewasser oder die grösste Niederschlagsmenge von einem Tage (mit Berücksichtigung der Sammelgräben für die letztere) das Maximum der abzuführenden Wassermenge ergeben.

Erst wenn hiernach das Bedürfniss festgestellt, kann die Bestimmung der Abwässerungs-Anstalten selbst getroffen werden.

Der Hauptabzugsgraben (Kanal, Sieltief, Wetter, Fleeth etc.) liegt womöglich in der tiefsten Gegend (die durch Nivellement, am besten durch ein nivellitisches Netz oder durch Höhenkurven bestimmt wird) und führt nach dem tiefsten Punkt des Rezipienten. Zuerst ist sein Spiegel-Gefälle, und zwar von unten her, zu projektiren, woselbst die Wasserstände des Rezipienten in der fraglichen Zeit maassgebend sind. Es richtet sich aufwärts nach der für längere Zeit zulässigen Höhe des Wassers gegen den Boden, welche bei Wiesen (während des Graswuchses) 0,3—0,5^{m}, bei Aeckern 0,6—1,0^{m}, bei Dorflagen, Gärten etc. 1,0—1,3^{m} beträgt und für kürzere Zeit 0,3^{m} höher sein kann; dabei ist jedoch gleich das Gefälle der Seitengräben zu beachten.

Sodann ist die Sohlentiefe zu bestimmen, nach der Fähigkeit ihrer Erhaltung, billigen Herstellung und ev. genügenden Höhe des kleinen Wassers, welche bei Wiesen nicht tiefer als 1^{m}, bei Aeckern nicht tiefer als 1,5^{m} unter die Oberfläche sinken darf; dann sind die Böschungen je nach der Bodenart: für festes Moor bis $\frac{1}{2}$-, für festen Klai 1-, für weiches Moor und weichen Klai 1$\frac{1}{2}$-, für Sand 2—2$\frac{1}{2}$malig, festzustellen; endlich ist aus der grössten Wassermenge, dem Gefälle und der Tiefe für den höchsten Wasserstand die mittlere Breite zu berechnen, woraus sich die Sohlenbreite, obere Breite, Geschwindigkeit des Wassers etc. ergeben.

Wird die Geschwindigkeit für die betreffende Bodenart (rot. 1^{m}

für Sand und festes Moor, 1,5m für thonigen Sand, 2m für festen Klai) zu gross, so muss das Gefälle durch Kaskaden für die betr. Strecken vermindert, ev. Sohle und Böschung durch Bohlenschwellen etc. befestigt werden. Bei geringer Geschwindigkeit ist auf Pflanzenwuchs Bedacht zu nehmen und den Uebelständen desselben durch Vergrösserung des Profils oder häufige Krautung entgegen zu wirken.

Fig. 249.



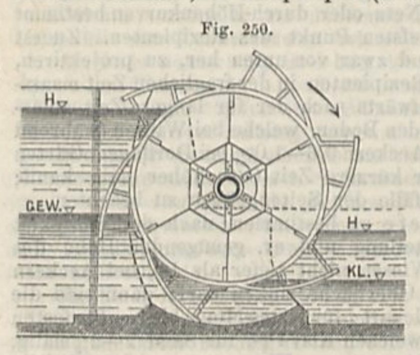
Wo besonders hohe, aber seltene Anschwellungen (die grösste Niederschlagsmenge eines Tages) abzuführen, lässt sich zuweilen das Profil nach Fig. 249 einrichten und auf den Banketts werthvoller Graswuchs erzielen; ähnlich, wenn ein eigentlicher Graben für das Sommerwasser und daneben kleine Deiche zur Abhaltung des Schneewassers vorhanden sind. Auch bei grösseren Entwässerungs-Kanälen ist ein Bankett dicht über dem Wasser zur bessern Unterhaltung der Böschungen zweckmässig; letztere, sowie ev. Erdlager werden über Wasser bepflanzt.

Bei der Entwässerung versumpfter Gegenden, besonders von Mooren, empfiehlt es sich, vorläufig zunächst einen kleinen Graben zu ziehen, um die Hauptarbeit dann in trocknerem Boden ausführen zu können; in leichtem quelligen Sand werden einzelne Strecken des Grabens mit Abdämmung und Wasserschöpfen rasch ausgehoben und dann gleich Wasser eingelassen, da man sonst den Graben voll Triebsand erhält.

Wo eine künstliche Entwässerung nöthig, muss der Zutritt des äusseren Wassers durch Bedeichung abgehalten werden; die Schöpfmaschinen erhalten ihren Platz an der tiefsten Stelle und werden, wenn sie nicht dicht neben dem Rezipienten aufgestellt werden können, mit diesem durch einen bedeichten Kanal verbunden. Das Gefälle, welches die Gräben bis zu den Schöpfmaschinen erhalten müssen, darf meist nur sehr gering sein; es sind deshalb grosse Gräben, die gleichzeitig als Sammelgräben im Sommer dienen, vortheilhaft.

Die Schöpfmaschinen werden am besten mit Dampf getrieben, da Windmühlen meist zur Unzeit versagen. Besonders brauchbar sind kleine Schnecken, Kreiselpumpen (s. Wasserschöpfen) und das neue sogen. Pumprad (Fig. 250, vergl. Ztschr. f. Bw. 1872); die Fjinje'sche Kastenpumpe ist im Effekt sehr gut, erfordert aber viel Reparaturen (s. Ztschr. d. Hann. Arch.- u. Ing.-Ver. 1865). Die erforderliche Leistungsfähigkeit der Maschinen berechnet sich aus der gesammelten Wassermenge nebst dem Zufluss und der disponiblen Schöpfzeit. Durch die Anlage eines Siels zur Abführung höheren Binnenwassers, neben den Schöpfmaschinen, lassen sich die Betriebskosten derselben in manchen Fällen sehr ermässigen.

Fig. 250.



Die Drainage von Ländereien ist an Stelle der gewöhnlichen Entwässerung dann nützlich, wenn unter dem durchlässigen Boden

etwa in 1—1,5^{m} Tiefe eine undurchlässige Schicht, besonders Thon, folgt, die mehr Wasser im Boden hält, als die offenen Entwässerungsgräben abziehen und als den Pflanzen gut ist. Zugleich werden durch dieselbe viele offene Gräben erspart. Die Saugedrains, mindestens 30^{mm} weit, mit einfachem stumpfen Stoss, folgen dem lokalen Gefälle des Bodens (also rechtwinklig zu den Horizontalkurven), wachsen etwa alle 100^{m} (nicht zu lang) um 10^{mm} Weite, liegen je nach dem Klima frostfrei, 1—1,5^{m} tief und je nach dem Boden 12—20^{m} entfernt; die Sammeldrains laufen rechtwinklig oder etwas schräg zu jenen und nehmen sie durch ein eingeschlagenes Loch auf; ihre Weite wächst mit der Zahl und Länge der Saugedrains, etwa für je 200^{m} Saugedrains um 10^{mm}; sie werden mit möglichstem Gefälle verlegt und vereinigen sich von verschiedenen Richtungen her zu Hauptsträngen (mit Schlammkasten und Luftschacht an der Vereinigungsstelle), welche mit gehöriger Vorfluth in offene Gräben durch ein vergittertes Holzrohr ausmünden. Jede zu einer Ausmündung gehörige Abtheilung heisst ein System und ist dieses in der Karte und dem Anschlag zu bezeichnen; jedes Drain mit einer Nummer; in der Karte ist ausserdem die Weite der Drains anzugeben, ferner die Höhe des Bodens, am besten durch Horizontalkurven, und endlich die Tiefe der Drains. Ohne diese Angaben ist ein Projektiren grosser Flächen nicht möglich. Für die Ausführung der Drainage wählt man am besten den Herbst, wo der Boden vorzugsweise trocken ist; die Kosten berechnen sich pro Hektar auf durchschnittlich 120 bis 150 Mark.

2. Bewässerung von Ländereien.*)

Die Bewässerung von Ländereien beschränkt sich in Deutschland fast stets auf Wiesen und erfordert in diesem Falle eine geeignete Höhenlage derselben, durchlässigen Boden, gutes Wasser (nicht aus Mooren oder Eichenwäldern) und gute Entwässerung. Das Wasser soll sich möglichst im Boden bewegen, die in ihm und im Boden enthaltenen Nahrungsstoffe vertheilen und ausgleichen (es kann also unter Umständen selbst frei davon sein), den Luftzutritt fördern etc. Dies wird durch die sog. Berieselung besser erreicht als durch Ueberstauung, die erstere ist aber gewöhnlich viel theurer und verbraucht mehr Wasser. Im Allgemeinen ist je grösser die Wassermenge, desto grösser der Erfolg der Bewässerung, aber selbst mit wenig Wasser, z. B. 10^{l} pro ^{HA} und Sek., ist schon eine günstige Wirkung zu erzielen, namentlich, wenn die einzelnen Reviere des Entwässerungsgebiets nach einander bewässert und das Wasser aus dem einen Revier in ein anderes geleitet werden kann. Mit Rücksicht hierauf ist denn auch die Grabenanlage zu disponiren.

Genügende Höhe des Wassers über dem Bewässerungsgebiet ist meist nur durch Aufstau und besondere Ableitung aus einem Flusse etc. zu gewinnen. Der Zuleitungsgraben wird mit einer Einlassschleuse zum Reguliren des Zuflusses versehen, die Geschwindigkeit desselben aber möglichst gross gehalten, damit fruchtbare Sinkstoffe sich nicht in dem Graben ablagern. Ist das Bewässerungsgebiet muldenförmig, so ist der Zuleitungsgraben zu gabeln, um das Terrain besser zu beherrschen; Dammstrecken sind für den Graben zu vermeiden, da sie Versickerung des Wassers, Gefahren und höhere Kosten herbeiführen; nöthigenfalls kann derselbe mehrfach gespalten werden und erhält alsdann jeder Arm am Anfang eine Schleuse (gewöhnlich ein

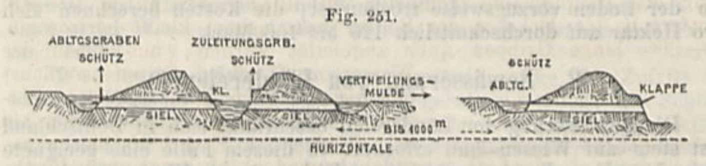
*) S. Vincent, der rationelle Wiesenbau; Keelhoff, Traité pratique de l'irrigation des prairies, Brüssel.

Schützwehr oder Siel mit Schütz etc.). Die Dimension der Gräben steht stets im Verhältniss zu der zu bewässernden Fläche; zuweilen ist eine Rückleitung des gebrauchten Wassers in den Zuleitungsgraben oder in ein benachbartes Gebiet thunlich, meist werden aber für jedes Revier besondere Entwässerungsgräben (eher grösser wie kleiner als der Zuleitungsgraben) erforderlich, die sich vereinigen und zum Hauptentwässerungsgraben gehen. Dieser ist zuerst wie für Entwässerungen zu entwerfen. Die Entwässerungsgräben müssen ev. mit Unterleitungen unter den Zuleitungsgraben hingeführt werden, da sie sonst oft schwierig anzuordnen sind.

Systeme der Bewässerung.

1. Ueberstauung, und zwar a) völliger Stau durch Dämme; die Reviere werden so gross gewählt, dass die Stauhöhe möglichst überall eine gleichmässige ist, der Boden muss also eben sein und darf nur wenig Gefälle haben. Diese Art der Stauung erfordert nur geringe Anlagekosten und wenig Wasser, sie ist nur im Frühjahr und Herbst in Wirksamkeit zu setzen und gestattet nur die Benutzung des Bodens als Weide; obgleich die unvollkommenste Bewässerungsart, wird doch der Ertrag der betr. Ländereien mitunter dadurch verdoppelt.

Fig. 251.



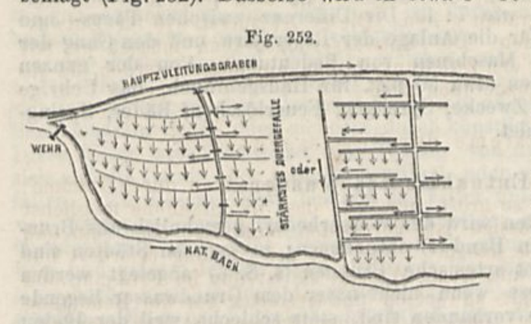
b) Stau mit Gefälle im Spiegel (Stauberieselung). Fig. 251 giebt das Längenprofil eines Reviers, welches etwa 100—400^{HA} gross und bis 1^{Km} lang ist; bei grösseren Revieren wird die Bewegung des Wassers zu unregelmässig. Dasselbe läuft etwa 10—20^{zm} hoch über dem Boden und, wenn dieser mit einer dichten Grasnarbe bedeckt ist, trotz mässigen Gefälles sehr langsam. Jedes Revier ist von Deichen, mit dreimaliger Böschung nach dem Revier hin, umschlossen. Das Wasser fliesst aus dem im oberen Theile des Reviers liegenden Zuleitungsgraben durch die im oberen Deich in Abständen von je 50^{m} eingelegten, mit Schützen versehenen kleinen Siele von 30^{zm} Weite über die unterhalb belegene Vertheilungsmulde und sammelt sich am unteren Ende des Reviers in dem Ableitungsgraben. Aus diesem geht das Wasser entweder in den Hauptentwässerungs-Kanal oder in den unterhalb belegenen Zuleitungsgraben des folgenden Reviers etc. Die Zeit der Bewässerung ist auf das Frühjahr und den Herbst beschränkt.

2. Berieselung. a) natürliche oder wilde, wobei die Oberfläche nicht umgestaltet, sondern nur von höheren Stellen mit kleinen Zuleitungsgrippen vom Hauptzuleitungsgraben oder Bach aus, an den tieferen mit Ableitungsgrippen nach den Haupt-Entwässerungsgräben hin versehen wird; die Regulirung des Zuflusses in ersteren geschieht durch Rasen oder kleine Brettchen. Eine solche Berieselung kann bei guter Pflege sehr gut wirken; das Wasser muss gleichmässig und fast unmerklich aus den Grippen austreten. Die Bewässerung ist fast zu jeder Zeit zulässig und für mässig welliges Terrain sehr geeignet.

b) Kunstwiesenbau oder künstliche Berieselung, wenn der Boden in eine regelmässige Form gebracht wird, und zwar Hang-

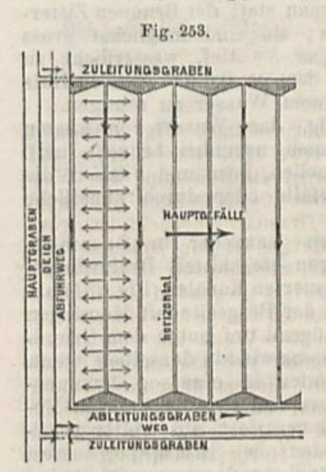
bau: wenn an einem Abhange mit starkem Quergefälle (bis 1 : 10) vom Haupt-Zuleitungsgraben aus in der Richtung des stärksten Quergefälles kleine Gräben gezogen und von diesen kleine, fast horizontale Grippen rechtwinklig abgeleitet werden, aus denen (über kleine Erhöhungen) nach unten hin das Wasser möglichst gleichmässig überschlägt (Fig. 252). Dasselbe wird in etwa 5—10m Entfernung, je nach dem grösseren oder geringeren Gefälle, in kleinen parallelen Grippen aufgefangen, von welchen aus es entweder wie vorhin sofort wieder überschlägt, oder in kleine Abzugsgräben (von der Richtung des Gefälles) gelangt, welche es in den Hauptentwässerungsgraben zurückleiten. Aus diesem tritt das Wasser ev. wieder in neue Ableitungsgräben.

Fig. 252.



Rückenbau: wenn bei geringem Gefälle aus dem in der Richtung des Hauptgefälles geführten Zuleitungsgraben in je 10—40m Entfernung (je lockerer der Boden desto näher) kleine horizontale, 20—30m lange Grippen quer abgeleitet werden, aus denen das Wasser nach beiden Seiten möglichst fein überschlägt und auf geneigten Flächen (bei sandigem Boden stärker als bei thonigem, i. M. 1 : 20) bis zu parallel laufenden Abzugsgrippen hinabläuft, die in einen quergeführten Abzugsgraben (gegenüber dem Zuleitungsgraben) münden, von welchem aus das Wasser entweder abgeführt oder sofort für ein zweites Revier wieder gebraucht wird (Fig. 253). Die Dimensionen der Zu- und Ableitungsgräben richten sich nach der Grösse der Reviere, so dass letztere das grösste Sommer-Regenwasser abführen können; die Zuleitungsgräben sind etwa eben so gross. Die Reviere sind nach der natürlichen Bodenform, den Besitzgrenzen etc. zu gestalten. Neben jedem Revier liegt ein Abfuhrweg für Heu. Die sorgfältigste Unterhaltung ist Bedingung, sonst sind die grossen Kosten derselben vergeblich aufgewendet.

Fig. 253.



3. Wasserversorgung von Städten.*)

Die Grösse des Wasserbedarfs ist je nach dem Klima, der Beschäftigung und den Gewohnheiten der Bevölkerung verschieden. Für deutsche (Gross-)Städte werden 135l pro Kopf und Tag als reich-

*) S. König; Bürkli; Veit-Meyer, zuk. W.-Versg. Berlins etc.

lich und 90^{l} als mindestens nothwendig gerechnet. In Berlin verbraucht z. B. die auf die Wasserkunst angewiesene Bevölkerung nur 75^{l}.

Der Verbrauch ist im Sommer um ca. 15—25 pZt. grösser als im Jahresdurchschnitt, und erreicht in den Tagesstunden von 10—4 Uhr fast das Doppelte, in den Nachtstunden von 11—5 Uhr nur die Hälfte bis ein Viertel des Durchschnitts-Quantums; der grösste Unterschied verhält sich wie 7 : 1. Die Differenz zwischen Tages- und Nacht-Konsum ist für die Anlage der Reservoire und den Gang der etwa erforderlichen Maschinen von Bedeutung. Von der ganzen Wassermenge entfallen etwa 50 pZt. für Hausgebrauch, das Uebrige wird für industrielle Zwecke, Sprengen, Feuerlöschen, Bäder, Springbrunnen etc. verwendet.

Entnahme des Wassers.

In kleinen Städten wird der Wasserbedarf gewöhnlich aus Brunnen (s. d. Abschn. in Band II) entnommen; in grossen Städten sind dieselben, wenn nicht artesische Brunnen (s. S. 6) angelegt werden können, und besonders wenn nicht unter dem Grundwasser liegende Entwässerungskanäle vorhanden sind, stets schlecht, weil der Boden in grosser Ausdehnung, also auch die wasserführende Schicht mit schädlichen Stoffen infizirt ist. Die Brunnen in möglichst tiefe Wasserschichten zu senken und oberhalb möglichst wasserdicht zu mauern, gewährt allerdings gegen die Infizirung einigen Schutz, ist aber kostspielig, lästig im Gebrauch und für zahlreiche Brunnen nicht durchzuführen. In Marschgegenden verwendet man statt der Brunnen Zisternen zum Aufsammeln des Regenwassers; sie sind möglichst gross (entsprechend der Dachgrösse), mindestens 3^{m} tief, wasserdicht zu mauern, mit Pumpe oder Zieheimer über dem ca. 0,6 □^{m} grossen Hals zu versehen und jährlich 2 mal bei kleinem Wasser zu reinigen.

Für grosse Städte ist es nothwendig, dass Wasser von Aussen zugeführt wird, (wobei vorhandene Brunnen nebenbei bequem sind). Die Entnahme des Wasser erfolgt aus Quellen, Seen und Flüssen, die Zuführung entweder mit natürlichem Gefälle oder durch künstliche Hebung. (S. w. u.)

Fig. 254.

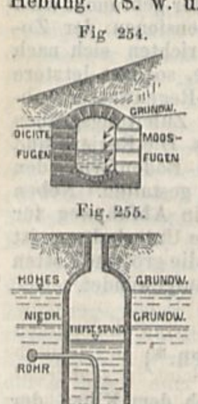


Fig. 255.

Quellen werden entweder in Sammelkanälen an Abhängen etc. mittels Drainröhren, oder in grösseren gemauerten Kanälen (Fig. 254) abgefangen, welche nach der Bergseite mit Moosfugen gemauert sind und genügend tief unter dem Grundwasser liegen; das Wasser wird in denselben event. aus verschiedenen Linien in eine sog. Brunnenstube, einen dicht gemauerten, überdeckten Behälter, zusammen und von dort aus weiter geleitet; oder sie werden in Sammelbrunnen (Fig. 255) an tiefen Punkten der wasserführenden Schichten aufgefangen (bezw. eröffnet), welche bis zur letzteren wasserdicht in Zement gemauert (gesenkt) und nur unten offen ev. bei feinem Sand etc. zum Theil mit Kies gefüllt sind. Aus ihnen gehen anfangs eiserne Rohre (mit Saugkorb) aus, die in ein thönernes Sammelrohr mit zunehmender Weite münden, welches sich in einen unten geschlossenen Brunnen ergiesst, aus dem die Maschine (weil hierbei eine künstliche Hebung nöthig) nach Bedarf das Wasser entnimmt. Die nöthige

Tiefe, Grösse, Entfernung und Zahl der Brunnen ist durch Versuche (Auspumpen und Beobachtung der Senkung in ungünstiger Zeit) zu ermitteln.

Aus natürlich oder künstlich angestauten Seen oder Teichen wird das Wasser an geeigneter Stelle entweder durch ein blosses Rohr (Mönch) oder durch ein Rohr in einem Gehäuse mit vergitterten Oeffnungen entnommen; das Rohrende ist durch ein Schütz oder eine andere geeignete Vorrichtung verschliessbar.

Aus Flüssen wird Wasser, welches zum Trinken dienen soll, selten direkt, sondern entweder durch natürliche Filter (ein Uferstreifen, hinter welchem das zum Theil mit offenen Fugen gemauerte Sammelbassin liegt), oder sicherer durch künstliche Filter entnommen. Diese Filter lassen entweder das Wasser von unten aufsteigen (was sich auf die Dauer aber schlecht bewährt), oder von oben nach unten fallen. Zu diesem Zweck besteht das Filter unten aus einer Schicht von eigrossem Gerölle, event. auf hochkantigen, mit einer Plattschicht überdeckten Ziegeln oder Drains, und nach oben aus immer feinerem Kies und zuletzt feinem Sand; letzterer, das eigentliche Filter, etwa 50zm hoch, muss in der Oberfläche (2—5zm) nach Bedarf erneuert werden. Die ganze Filterhöhe beträgt 1—2m; die Grösse richtet sich nach dem Bedarf, jedoch ist die Druckhöhe nicht zu gross zu nehmen, da das Wasser sonst nicht rein wird; 1□m Filter giebt bei 30zm Druckhöhe in 24 Stunden etwa 4—5kbm Wasser.

Zuführung zur Stadt.

Bei natürlichem Gefälle wendet man entweder Kanäle mit offenem Spiegel und stetigem Gefälle an, die am besten überdeckt (Fig. 256, 257), über Thäler mit Aquadukten hinweg, durch Berge event. mit Tunnel hindurch geführt werden, bei genügendem Querschnitt nur einen geringen Gefälle-Verlust, aber u. U. theuere Bauwerke verursachen; oder man wendet geschlossene Röhren an, die dem Terrain folgen; dabei ist der Gefälle-Verlust oder die Druckhöhe (s. Band I, S. 323)

Fig. 256. Fig. 257.

$$h = \left(1 + \zeta_0 + \zeta \frac{l}{d}\right) \frac{v^2}{2g}$$

bei gleichem Querschnitte grösser, aber bei koupirtem Terrain die Anlage billiger. Das Rohr erhält auf jeder Höhe einen Lufthahn — für das Entweichen der den Querschnitt verengenden Luft ev. auch anderer Gase, am besten zugleich ein Reservoir, in welchem eine gewisse Ansammlung des Wassers, die den Gefälle-Verlust verringert, möglich ist; — in jedem Thal einen Ablasshahn. Röhren aus Holz verleihen durch das Ansetzen von grünem Schlamm dem Wasser einen schlechten Geschmack, Thonröhren sind gut bei mässigem Druck, werden aber leicht undicht, Röhren aus Asphaltpappe haben sich noch nicht bewährt, Blei- und Kupferröhren sind zu theuer; deshalb wendet man gewöhnlich gusseiserne Röhren an, welche in senkrechten Formen gegossen, ausserhalb mit Steinkohlentheer bestrichen, innen mit Kalkmilch oder Talg begossen, auf etwa doppelten Druck probirt und mit Muffen oder Flantschen, je nachdem seltenes oder häufigeres Lösen nöthig, verbunden werden. Die Muffen werden halb mit Hanf, halb mit Blei oder Holzkeilen (welche nur $^1/_3$ der Kosten

von Blei erfordern) gedichtet, die Flantschen mit Gummi, Leder oder Oelpappe. Die Krümmungen sind stets möglichst klein anzunehmen.

Bei künstlichem Gefälle oder Druck wird das Wasser durch Pumpen mittels Dampf- oder Wasserkraft so hoch gedrückt, dass es die höchsten Häuser der Stadt beherrscht. Die Pumpen werden, um an Druckhöhe zu sparen, möglichst in der Nähe des höchsten Stadttheils aufgestellt und das Hauptrohr möglichst weit angenommen. (Berechnung desselben wie vorhin.) Mit einer Maschine werden (durch den Balancier) meist mehre Pumpen getrieben, und zwar sowohl für den verschiedenen Konsum, als auch für verschiedene Zwecke, z. B. nur zum Heben des Wassers auf die Filter oder von da ins Druckrohr. Wenn thunlich, wendet man vereinigte Saug- und Druckpumpen an. Für das Saugrohr ist, wenn der Hub über 6^m und die Länge über 16^m beträgt, ein Windkessel von einem Inhalt gleich der Wassermenge pro Minute, für das Druckrohr stets ein Windkessel von dem Inhalt gleich der doppelten Wassermenge pro Minute erforderlich.

Hochreservoire sind stets nützlich, um die Maschinen nicht unnütz stark machen und ungleichmässig gehen lassen zu müssen, um also bei konstantem Gange den Ueberschuss von der Nacht- etc. Zeit für den grössten Tages-Konsum aufspeichern zu können. Man legt in geeigneten Fällen mehre Reservoire für verschieden hoch gelegene Stadttheile an. Ihre Grösse und Höhe wird den betreffenden Stadttheilen entsprechend, ihre Lage möglichst nahe bei denselben gewählt.

In kleinen Städten giebt man den Reservoiren wohl eine solche Grösse, dass die Maschine nur zu einer gewissen Tageszeit (12 Std.) arbeitet, oder man wendet auch (als Nothbehelf) nur ein Standrohr in einem sog. Wasserthurm an, um den Druck für die Maschine (für kurze Zeiten, nicht für längere Zeiten mit sehr verschiedenem Konsum) gleichmässig zu haben, mit kleinem, für Feuerlöschung auf etwa 1 Stunde ausreichenden Reservoir oben und daraus abgehendem Fallrohr. Aus dem Reservoir ist dann meist ein Ueberlaufrohr nach einem niedriger gelegenen Reservoir etwa für den Nachtkonsum geführt. Oder es werden auch in hoch gelegenen Stadttheilen in den einzelnen Häusern kleine Reservoire, die für einen Tag ausreichen, angelegt und durch hohen Druck für kurze Zeit gefüllt. (Man hat auch für alle Häuser Minimalgefässe vorgeschlagen; dieselben sind wohl sparsam, aber unbequem).

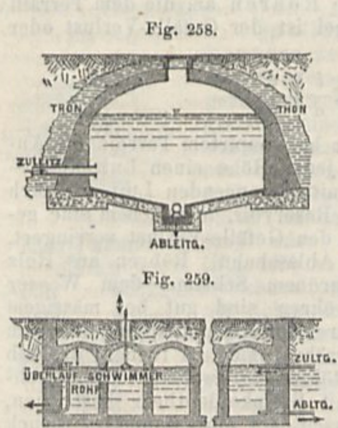


Fig. 258.

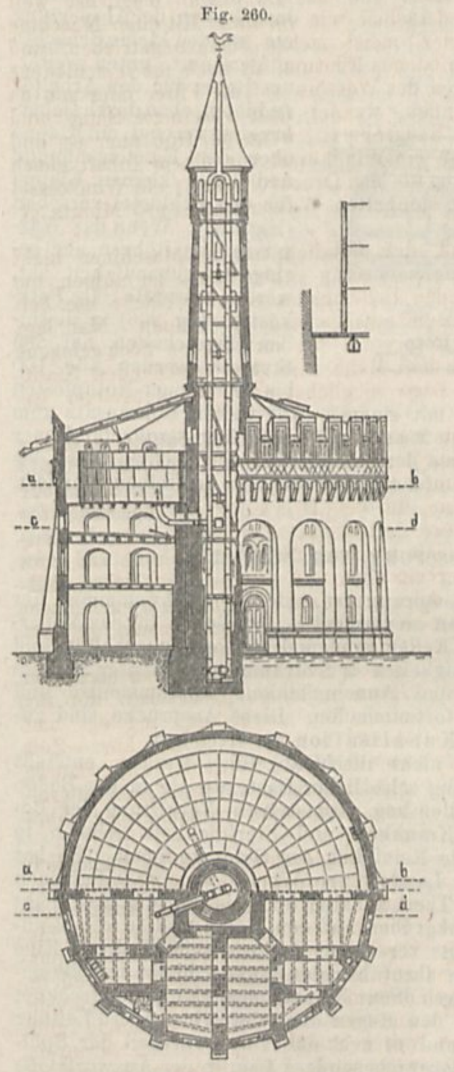
Fig. 259.

Das Hochreservoir ist womöglich auf einer natürlichen Anhöhe in wasserdichtem Mauerwerk, etwa nach Fig. 258 u. 259, zu erbauen und 1 bis 2^m hoch mit Erde zu bedecken, nur zur Noth auf einem Thurm, weil in diesem Falle das Wasser von der äusseren Temperatur abhängig und durch Staub, Insekten etc. verunreinigt wird. Das Reservoir besteht alsdann aus einem wasserdichten Kasten von Blech oder Gusseisen, gewöhnlich ringförmig mit hindurchgehender Treppe, und auf eisernen Trägern ruhend, um von unten ankommen zu können, etwa wie

Fig. 260. Der höchste zulässige Wasserstand im Reservoir ist durch ein im Maschinenhause angebrachtes Manometer zu erkennen und seine Ueberschreitung durch ein Ueberlaufrohr unschädlich zu machen.

Vertheilung des Wassers in der Stadt.

Fig. 260.



Man wendet entweder das Verästelungssystem oder das Kreislaufsystem an, für beide giebt Fig. 261 ein Beispiel, wobei die punktirten Linien aus dem Verästelungssystem ein Kreislaufsystem machen. Letzteres ist zwar theuerer in der Anlage, aber besser durch Ausgleichung des Drucks und den nie eintretenden Stillstand in der Zirkulation des Wassers; dasselbe fliesst stets dahin, wo der geringste Widerstand, also der grösste Konsum vorhanden ist. Zuweilen wendet man bei einzelnen neuen Strassen am Umfang einer Stadt nur das Verästelungssystem an, wenn auch in den übrigen Theilen das Kreislaufsystem eingeführt ist.

Die Lichtweite der einzelnen Röhren richtet sich nach dem grössten Konsum, nach der Höhenlage und der Entfernung vom Reservoir. Abzweigungen geschehen bei dem Verästelungssystem stets unter spitzem Winkel mit konischer Verengung des Hauptrohrs (Fig. 262), bei dem Kreislaufsystem unter rechtem Winkel (Fig. 263), weil das Wasser von und nach beiden Richtungen fliessen kann. Bei grossen und mehrseitigen Abzweigungen ist es besser, einen Vertheilungskasten, der zugleich als Schlammfang dient, mit Ablasshahn am Boden und Standrohr-Ansatz im Deckel zum Sprengen etc., einzusetzen (Fig. 264).

Jeder Rohrstrang muss für Reparaturen und neue Abzweigungen durch Absperrung ausser Thätigkeit gesetzt werden können, wozu man

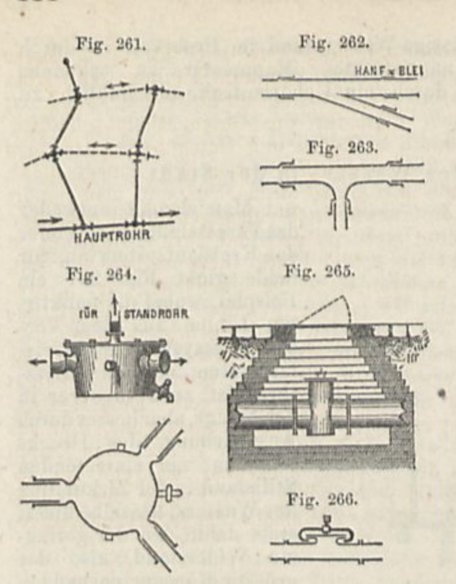


Fig. 261. Fig. 262. Fig. 263. Fig. 264. Fig. 265. Fig. 266.

bei kleinen Röhren (bis 20^{zm} Weite) Hähne, bei grösseren Schieber anwendet, die so eingerichtet sein müssen, dass bei dem Schliessen kein Stoss des Wassers erfolgt.

Ueber dem Vertheilungskasten, der Absperrung etc. werden kleine Schachte aufgemauert, unten weiter, um Raum für den Arbeiter zu bieten, oben durch Ueberkragung verengt, mit Klappe über der Einsteigeöffnung und einer kleinen Klappe für den Schlüssel versehen (Fig. 265). Wenn das Wasser in den Röhren nur geringe Geschwindigkeit hat, werden etwa alle 100^{m} Putzkästen (Fig. 266) in dieselben eingeschaltet; auf den Strassen werden alle 100 bis 200^{m} Feuer-Nothpfosten oder Hydranten aufgestellt, mit einem 5—7^{zm} weiten Rohransatz zum Anschrauben des Schlauchs, oft auch mit einem Augussrohr für Eimer etc. versehen; der Verschluss derselben ist so einzurichten, dass das Wasser aus dem Hydranten abläuft und nicht in demselben einfriert.

4. Entwässerung von Städten*).

Der Zweck der Entwässerung ist, die Ueberschwemmung der Strassen, Höfe etc. bei Regen zu vermeiden, den Boden für das Mauerwerk der Gebäude und die Keller genügend trocken zu erhalten und alle Abfallstoffe und Unreinigkeiten der Strassen und Häuser auf die rascheste, für Gesundheit und Annehmlichkeit vollkommenste und dabei möglichst billige Art fortzuschaffen. Diese Ansprüche sind zugleich nur durch eine sog. Kanalisation zu erreichen.

Wo die Auswurfstoffe nicht rasch abgeführt werden, entsteht Fäulniss derselben mit Bildung schädlicher Gase, wo sie in den Boden infiltrirt werden (wie bei allen sog. Rinnsteinen) Vergiftung des Bodens und Grundwassers. Krankheit und Sterblichkeit nehmen in gleichem Maasse ab, wie die Reinigung der Stadt zunimmt. (So hat z. B. das ganz kanalisirte London pro Woche von 1000 Personen reichlich 20, das nur zum Theil kanalisirte Paris 30, das gar nicht kanalisirte, dagegen mit Senkgruben auf den Höfen und in die Rinnsteine geleiteten Waterklosets versehene Berlin ca. 36 Todte). Eine Trennung der verschiedenen abzuführenden Wässer bleibt unvollkommen; wird der Regen nur durch offene Rinnsteine abgeführt, so trocknet der Boden nicht genug aus; den Regen aber durch besondere Leitung abzuführen, ist kostspielig und es geht dabei der Vortheil der Spülkraft des Regenwassers verloren; besondere Abfuhr der Auswurfstoffe

*) S. Wiebe, Reinigung und Entwässerung von Berlin, desgl. von Danzig (in Ztschr. f. Bauw.) v. Kaven, Kollektaneen etc. (in Ztschr. des Hann. A.- u. I.-V.).

bedingt zeitweilige Aufspeicherung derselben in Gefässen im Hause oder in Senkgruben auf dem Hofe etc., die stets Fäulniss und trotz aller Vorsicht üblen Geruch bezw. Infiltration zur Folge hat. Jener ist für Gebildetere unerträglich, diese für die Gesammtheit schädlich. Werden die Auswurfstoffe mit dem Regen und Hauswasser zusammen abgeleitet, so wachsen die Kosten der Entwässerungs-Anlage nicht, da jene nur 1—2 pZt. der Gesammtmasse ausmachen, und man erspart noch die Abfuhrkosten für die Auswurfstoffe; dagegen dürfen dieselben nicht in kleine Flüsse geleitet werden, während ihre Abführung in grössere Flüsse, wenn nicht Ebbe und Fluth in denselben herrscht, unschädlich ist. Auf der anderen Seite ist aber auch der grosse Werth nicht unberücksichtigt zu lassen, welchen die Auswurfstoffe für die Landwirthschaft haben; derselbe wird am besten ausgenutzt, wenn die Auswurfstoffe zusammen mit dem Gesammt-Abwasser der Stadt zur Berieselung verwendet werden, weil die im Wasser aufgelösten Stoffe am leichtesten den Boden durchdringen. Eine Berieselung bezw. Ueberstauung ist selbst im Winter durchführbar, weil das Wasser unter der Eisdecke warm bleibt; Geruch ist zu allen Zeiten nur dicht beim Austritt aus der Leitung bemerkbar, während das abfliessende Wasser wieder völlig rein wird. Der Ertrag des Bodens wird durch die Berieselung oft auf das Zehnfache des früheren Ertrages gesteigert.

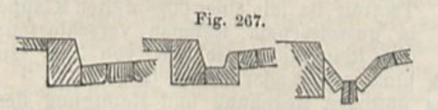
Menge des abzuführenden Wassers.

Das Hauswasser incl. der Auswurfstoffe und das von Fabriken kommende, sowie das Spülwasser beträgt pro Kopf und Tag (s. Wasserversorgung) 135^{l}; für das Regenwasser ist die grösste Niederschlagsmenge eines Tages (s. Bd. I, S. 365) zu berücksichtigen, von welcher mindestens ein Viertel in horizontalen Gärten etc. zurückgehalten wird; wenn besondere Regenauslässe vorgesehen werden, sind nur (für häufig vorkommende Regen) etwa $6—7^{mm}$ als wirklich abzuführen zu rechnen. Das Regenwasser giebt bei mässig dicht gebauten Städten etwa das Doppelte des Hauswassers. Bei starkem Regen wird zwar kein Spülwasser gegeben, dagegen fliesst Hauswasser nicht gleichmässig zu; erstere Verminderung und letztere Vergrösserung der ganzen grössten Wassermenge pro Sek. gleichen sich fast aus.

Einrichtungen zur Abführung.

Offene Rinnsteine sind nur zur Abführung des von der Strasse, den Höfen und zum Theil von den Häusern kommenden Regenwassers anwendbar. Am besten werden die würfelförmigen Pflastersteine des Strassendammes gleich gegen die Bordsteine des Trottoirs gesetzt; wo aber durchaus tiefere Rinnsteine nöthig sind, müssen diese so glatt als möglich hergestellt werden, weil sonst aller Schmutz zurückgehalten wird, am besten aus Quadern oder harten Ziegeln (Fig. 267). Das Gefälle beträgt mindestens 1 : 250, folgt aber sonst dem der Strasse. Die Rinnsteine münden mit vergitterten oder im Einlauf niedrigen und breiten Abfallschachten in die Strassenkanäle ein; die Abfallschachte sind mit einem Wasserverschluss versehen, welcher, wenn er nicht nur für die Sommermonate bestimmt ist, in frostfreier Tiefe liegen muss. (Fig. 269).

Fig. 267.

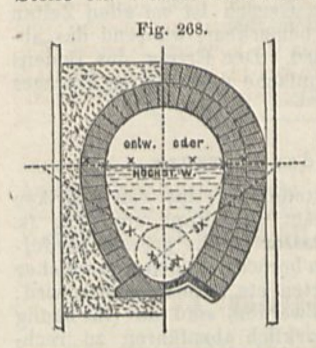


Die Zungenrinnsteine unter dem Trottoir erhalten am besten eine geschlitzte gusseiserne Decke.

Das Hauswasser und der grösste Theil des von den Dächern kommenden Regenwassers wird durch glasirte Thonröhren, deren Muffen mit fettem Thon gedichtet sind (in Krümmungen Kniestücke oder sphärische Muffen), abgeleitet; dieselben münden tiefer als die Kellersohle liegt, in das Strassenrohr und werden ev. mit Klappe von Thon oder Eisen gegen Rückstau versehen; die Strassenrohre, nach Umständen in 1 oder 2 Strängen, vereinigen sich an den Strassenkreuzungen zu grösseren, meist gemauerten Kanälen, durch welche alles Wasser nebst dem etwaigen Spülwasser mit konstantem Gefälle zum letzten Hauptkanal gelangt.

Die Thonröhren erhalten mindestens eine Weite von 10^{zm}, für ein grösseres Haus von etwa 15^{zm}, grössere Weiten sind nach der Wassermenge und dem Gefälle zu berechnen; das letztere beträgt mindestens 1 : 300 und ist je grösser, desto besser. Durch Kniestücke ist an jeder Stelle ein Wasserverschluss möglich.

Fig. 268.

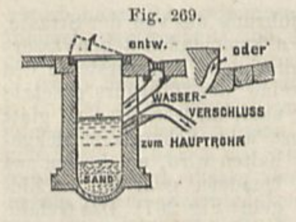


Wird eine grössere Weite der Thonröhren als 40^{zm} erforderlich, so wendet man besser gemauerte Kanäle mit eiförmigem Querschnitt nach Fig. 268 an, welche aus härtesten Ziegeln, ½ oder 1 Stein stark in Zement gemauert werden und zum nothwendigen Begehen mindestens $1{,}25^{m}$ hoch und $0{,}83^{m}$ weit sind; bei grösseren soll das höchste Wasser nur bis zum Mittelpunkt der oberen Wölblinie reichen. Wo die Kanäle im Grundwasser liegen, werden sie zwischen kleinen Spundwänden auf schwachem Betonbett, oder mit einer Sohle von Quadern, gebranntem Thon, Gusseisen, vorher zusammengemauerten Ziegelblöcken etc. ausgeführt; Gefälle nicht über 1 : 100, sonst möglichst gross.

Die Durchführung unter Wasserläufen geschieht dückerartig, mittels eines gusseisernen Rohres, welches in ausgebaggerter Rinne versenkt und mit Beton umschüttet wird.

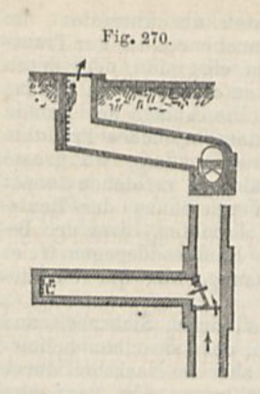
Zur Reinhaltung sind bei Thonröhren besondere Vorrichtungen nicht nöthig, wohl aber bei gemauerten Kanälen, vorzüglich wenn viel Strassensand etc. in dieselben hineingelangt. Hierzu dienen zunächst Sand- oder Schlammfänge unter den Einfallschachten der Rinnsteine, an allen Strassenecken, vor allen Dückern und Auslässen, vor der Pumpstation etc. Der Reinigungsschacht neben oder im Trottoir ist mit einer 60^{zm} weiten Klappe in gusseisernem Rahmen verschlossen; die Reinigung geschieht von Zeit zu Zeit mittels an einem Strick hinabzulassender Eimer (Fig. 269).

Fig. 269.



Ferner werden zur etwa nöthigen Begehung und Reinigung des Kanals selbst in ca. $50-60^{m}$ Entfernung Einsteigeschachte (Fig. 270), bei geringem Wasserzufluss auch ev. zur Reinhaltung Spülschützen oder Spülthüren in ca. 800^{m} Entfernung angewendet, die das Wasser für gewöhnlich bis etwa zur halben Höhe des Kanals aufstauen und, von einem Einsteigeschachte aus leicht und plötzlich

Fig. 270.



geöffnet, für kurze Zeit einen verstärkten Strom geben; endlich Spüleinlässe, um reines Wasser aus einer Wasserleitung oder von etwas höher belegenen natürlichen Gewässern aus in den Kanal zu lassen; ihre Weite richtet sich nach dem Druck, die Oeffnung ist von einem Einsteigeschacht aus sicher zu verschliessen; man gebraucht sie besonders in trockener Zeit und da, wo Ablagerungen zu befürchten sind.

Ausserdem werden noch event. Luftschachte an den Häusern hinauf (nicht nach der Strasse ausmündend) geführt, Lampenlöcher in geraden Strecken, um auf grössere Entfernungen den Zustand des Kanals sehen zu können, und Regenauslässe angebracht, um nicht bei starkem Regen alles Wasser nach der Pumpstation führen zu müssen, sondern dasselbe in einen Fluss etc. ableiten zu können; letztere Einrichtung ist, da die Unreinigkeiten im Wasser in solchen Fällen stark verdünnt sind, durchaus unschädlich und gestattet grosse Ersparnisse an den Anlage- und Betriebskosten.

VIII. Der Kanalbau.*)

1. Allgemeines über Transport auf Kanälen.

Grundbedingung einer jeden Kanal-Anlage ist, billigere Frachten und grösseren Massentransport zu ermöglichen, als auf anderen Wegen (Strassen und Eisenbahnen) durchführbar. Die Kosten des Transports sind besonders von der Zugkraft abhängig, welche sich auf Kunststrassen, Eisenbahnen und ruhigem Wasser, also Kanälen, verhält bezw. etwa wie 1, $^1/_5$—$^1/_6$, $^1/_{50}$—$^1/_{70}$. Auf Kanälen sind aber die Kosten ferner abhängig von der Grösse der Fahrzeuge, und zwar im umgekehrten Verhältnisse, weil bei geeigneter Schiffsform die Zugkraft und die Kosten des Schiffes weit langsamer wachsen und die erforderliche Mannschaft fast gleich bleibt. Sodann werden die Transportkosten von der Zahl der Schleusen oder der Länge der Haltungen bedingt, weil bei jeder Schleuse ein Aufenthalt (etwa $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde) ohne Wegfall der Kosten, dagegen noch besondere Schleusen-Abgaben hinzukommen. Auf längeren Strecken frequenter Kanäle verhalten sich bei Haltungen von $^1/_2$, 1, 2, 4, 8 ^{Km} Länge die Kosten rot. wie 500, 250, 110, 50, 40 für gleiche Last und Länge. Dem Vorzug geringer Kosten gegenüber steht als Nachtheil die geringe Geschwindigkeit. Für Pferdezug ist zu rechnen i. M. auf offener Strecke 3 bis $3^1/_4$ ^{Km} pro Stunde, bei Dampfschlepp- und Ketten- oder Seil-Zug, wenn der Kanal nicht zu eng, reichlich das Doppelte. Aber je grösser die Schleppzüge, desto grösser ist auch die Verzögerung durch Schleusen.

Ferner ist nachtheilig, dass die Kanäle je nach dem Klima, in

---

*) S. Hagen. — Michaelis: Rhein-Weser-K. — Hess: Weser-Elbe-K. — Minard.

Deutschland $1^1/_2$ bis 4 Monate, (im Nordwesten am kürzesten, im Nordosten am längsten), des Eises wegen unbrauchbar sind, der Transport also auf Güter beschränkt ist, die nicht eilig sind, oder deren Verbrauch auf längere Zeit entweder nicht nöthig oder im Voraus zu ermessen ist, also bes. auf Rohprodukte. Die Anlage der Kanäle ist deshalb nur da von Vortheil, wo der Austausch solcher Produkte möglich (also in geognostisch verschiedenen Gegenden), wo grosse Dimensionen und lange Haltungen der Kanäle zu erreichen; sonst sind Eisenbahnen etc. vortheilhafter. Bei Vergleichung der Rentabilität ist indessen für den Staat noch zu beachten, dass der Betrieb auf den Eisenbahnen Monopol, auf den Kanälen dagegen freies Gewerbe ist, also dort eine direkte Verzinsung, hier nur eine indirekte stattfindet.

Gegen Flüsse sind die Kanäle im Vortheil durch Sicherheit und Unabhängigkeit von Hochwasser, und dadurch, dass sie einen beliebigen Tiefgang, also grössere Schiffe gestatten; aber im Nachtheil durch längeres Eis und ev. durch die Zahl der Schleusen. Es kann also mitunter zweckmässig sein, einen Kanal neben einer ungünstigeren Flusstrecke zu bauen. Ferner ist zu unterscheiden, ob ein Kanal nur zur Verbindung von schiffbaren Flüssen, oder als selbstständige Wasserstrasse dient; der Nutzen der Kanäle ist um so grösser, je zahlreicher ihre Verbindungen mit schiffbaren Flüssen sind.

Ein wesentlicher Vorzug der Kanäle, besonders für die Landwirthschaft, ist ferner, dass die Schiffe an jeder Stelle be- und entladen werden können; zuweilen ist ein Kanal auch zur Be- und Entwässerung zu benutzen. Kanäle für Seeschiffe sind nach den Regeln des Seeverkehrs zu beurtheilen; sie dienen vorzüglich nur als Abkürzung des Weges und es ist daher wichtig, dass sie eine möglichst rasche und ungehinderte, von wenig Schleusen unterbrochene Fahrt gestatten.

2. Linie und Längenprofil.

Nach der generellen Festlegung erfolgt die speziellere Aufsuchung der Linie stets nach dem Augenschein mit Hülfe einer möglichst mit Horizontalkurven ausgestatteten Karte und eines Geschwindigkeits-Nivellements. Es ergeben sich hieraus meist 2 oder 3 Konkurrenzlinien; die schliessliche Bearbeitung des Projektes erfordert ein genauestes Nivellement mit Querprofilen in, je nach den örtlichen Verhältnissen bald kürzeren, bald längeren Abständen.

Bei der Wahl einer Linie ist vorzugsweise zu sehen auf möglichste Vermeidung von Schleusen, an deren Stelle meist ein Umweg von 2—4 Km in der Anlage und im Betrieb vortheilhafter ist, von tiefen Einschnitten, welche grosse Anlagekosten erfordern, und von hohen Dämmen, welche neben ihrer kostspieligen Anlage und trotz der etwa in 2—3 Km Entfernung angelegten Sicherheitsthüren noch stets gefährlich bleiben. Krümmungen wähle man möglichst schwach; sie sind aber soweit zulässig, dass noch 2 der grössten Schiffe sich begegnen können, nöthigenfalls kann zum bequemeren Durchfahren das Kanalprofil in der Krümmung verbreitert werden. Bei breiten Kanälen empfehlen sich schwache Krümmungen wegen des geringeren Wellenschlages.

Wenn es grosse Schwierigkeiten verursacht, einzelne höher oder tiefer gelegene Orte mit der Kanallinie zu berühren, so führt man event. Zweigkanäle nach denselben, welche Anordnung namentlich für den durchgehenden Verkehr von Vortheil ist. Auf der Wasserscheide

lege man die Scheitelstrecke, der leichteren Speisung wegen, möglichst niedrig. Tunnels sind mehr als beim Eisenbahnbau zu vermeiden und sollten stets gerade sein. Schleusen erhalten 2—3^m Fall (Gleichheit ist nicht nöthig) und sind so zu legen, dass die einzelnen Haltungen bei guter Speisung die geringste Erdarbeit in der Anlage erfordern und die obere Haltung möglichst wenig im Auftrage, höchstens um die halbe Wasserhöhe über dem Terrain liegt. An steilen Abhängen sollten Kanäle nie ohne Noth entlang geführt werden, um Gefahr und Wasserverlust durch Filtration zu vermeiden, und der Wasserspiegel möglichst überall unter dem Grundwasser liegen.

Wenn ein Kanal in einen Fluss mündet, so legt man die Schleuse möglichst nahe an den Fluss, um die Nachtheile der Versandung und des Hochwassers möglichst gering zu halten, die Mündung des Kanals in die Konkave, abwärts gerichtet, mit Ausnahme für den Anfang eines Kanals, welcher neben einem Flusse entlang geht. Würde die letzte Haltung entweder erheblich über dem Niedrigwasser des Flusses liegen oder sehr kurz werden, so sind Kuppelschleusen (und zwar event. mehrfache) zweckmässig. Liegt das Hochwasser des Flusses erheblich über dem Normalspiegel der letzten Haltung, so sind Fluththüren nöthig, die zuweilen in die Deichlinie des Flusses gelegt, oder wenn ein Kostenvergleich dafür spricht, auch durch eine entsprechende Verwallung am Kanal ersetzt werden können. Ob 1 oder 2 Paar Fluththüren anzuordnen sind, ist von der Höhe des schiffbaren Wassers im Flusse und der zulässigen Höhe im Kanal abhängig.

Da Bäche oder kleine Flüsse, welche die Kanallinie kreuzen, nicht durch das Bett gehen dürfen, sondern in der Regel untergeführt werden müssen, so ist, wenn nicht dazu passende Höhe vorhanden (s. w. u.), entweder der Bach zu verlegen oder die Kanallinie zu verschieben.

Das Gefälle der einzelnen Haltungen ist in der Regel = Null; nur in Moor-Kanälen etc., welche häufig (mittels Ablassens der Haltungen) gereinigt werden müssen, ferner wenn unterhalb einer langen Haltung starker Wasserverbrauch stattfindet, der aus derselben gedeckt werden muss, und wenn der Kanal zur Be- und Entwässerung dient, ist ein entsprechendes Sohlen- und (variabeles) Spiegel-Gefälle nöthig.

Für Kanäle von mässiger Frequenz, besonders für Zweigkanäle ohne durchgehenden Verkehr, ist statt vieler kurzer Haltungen (einer Treppe) nach dem Muster des Morris Kanals in Nord-Amerika eine schiefe Ebene anwendbar, wobei das Schiff auf einen unter den Boden desselben geschobenen langen Wagen fährt, welcher durch ein Seil ohne Ende hinauf- oder hinabgezogen wird. (S. Ztschr. f. Bauw. XI, und Deutsche Bauztg. 1872: Beschreibung des Elbing-Oberländischen Kanals. Derselbe hat 4 im Verhältniss von 1 : 12 geneigte Ebenen, deren grösste rot. 24,5^m hoch ist; jede Ebene enthält 2 Gleise auf Beton-Unterlage, auf denen 2 Wagen laufen, die durch ein gemeinschaftliches, oben um eine ebenfalls etwas geneigte Scheibe gelegtes Seil aufwärts bezw. abwärts bewegt werden. Die Hebungszeit dauert 10—12 Minuten und es können in 1 Tage bis 72 Fahrten gemacht werden. Der Betrieb geschieht durch Wasserkraft).

Für sehr kleine Kanäle wendet man auch bewegliche Schleusenkammern an, die senkrecht mit dem Schiff gehoben werden; je 2 derselben, von denen die eine hinauf, die andere hinab geht, hängen an gemeinsamen über grosse Rollen geführten Ketten; die Bewegung wird durch Bremsen regulirt. Wenn leere Schiffe hinauf, volle hin-

ab gehen, so entsteht dadurch ein Wasser-Gewinn für die obere Haltung. (S. Hagen, Grand Western Kanal in England).

3. Bauliche Einrichtung.

Das (normale) Querprofil der Kanäle richtet sich nach der Grösse der zu erwartenden Schiffe. Hat ein Kanal nur 2 Flüsse zu verbinden, so sind die grössten Schiffe derselben maassgebend, aber auf eine etwa wahrscheinliche Vergrösserung Rücksicht zu nehmen; wo ein Kanal selbstständige Bedeutung hat, muss auf grössere Schiffe als die der verbundenen Flüsse gerechnet werden. Die Schiffe sind von grosser Verschiedenheit, jedoch findet auf allen Flüssen eine fortwährende Vergrösserung derselben statt. Auf der Elbe fahren jetzt Schiffe von 8000^{Z} Tragfähigkeit, auf dem Unterrhein solche bis zu 16000^{Z}.

Zum bequemen Begegnen mindestens zweier Schiffe ist für die Sohle des Kanals eine Breite $= 2 \times$ grösste Schiffbreite $+ \frac{1}{2}$ bis 1^{m} Spielraum nöthig. (Ausnahmen sind für solche Kanäle, die erst Verkehr schaffen und event. später erweitert werden sollen, z. B. für Moorkanäle, zulässig, in welchen man dann einzelne Ausweichestellen anlegt); für sehr frequente, oder kurze Verbindungskanäle, besonders in Ortschaften, wo die Ufer zum Be- und Entladen dienen, muss die Sohlbreite mindestens so gross sein, dass zu beiden Seiten der Fahrt ein Schiff mit Hinzurechnung des nöthigen oberen Spielraumes Platz hat. In grossen Städten kann man die Kanäle nicht leicht zu breit anlegen.

Ausserdem ist zu beachten, dass ein Schiff zur möglichst leichten Bewegung ein etwa 6mal so grosses freies Profil finden muss, als der eigene eingetauchte Querschnitt ergiebt. Der Widerstand ist nämlich im Kanale

$$= \left(\frac{8{,}46}{2 + \frac{\text{Kanalprofil}}{\text{Schiffsprofil}}} \right)$$

von dem Widerstand im offenen Wasser.

Deshalb und zum sichereren Betriebe muss auch die Sohle mindestens $20-30^{zm}$ tiefer sein als der grösste Tiefgang der Schiffe.

An besonders schwierigen Stellen, in Felsen, Tunnels, alten Stadttheilen etc., muss man sich mit geringeren Breiten und den erforderlichen Ausweichestellen begnügen; dagegen ist vor und hinter den Schleusen eine Verbreiterung stets zweckmässig, desgl. u. U. zur Ersparung von Dammanlagen, oder um in kurzen Haltungen mehr Wasser zu fassen. Die Form der Sohle ist bisweilen muldenförmig.

Die Böschung der Ufer richtet sich nach der Bodenart; abgesehen von Fels etc. wird dieselbe gewöhnlich $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ fach, dabei unten steiler als oben angenommen, weil bei der fehlenden Strömung die unteren Theile keinen, die oberen dagegen Angriff durch Wind, Stauwellen etc. erfahren. Die Bekleidung bildet man, besonders in oberer Höhe, je nach den Umständen durch Kopfrasen, hochkantige Ziegel und Schilf (s. Uferbau), nie durch todten Busch; sehr nützlich ist in etwa $10-20^{zm}$ Tiefe unter dem normalen Wasserspiegel ein 1^{m} breites Bankett, welches mit Schilf event. Weiden bepflanzt wird; darüber folgt die mit Rasen etc. bekleidete Böschung bis zum

Leinpfad. Dieser liegt $1{,}5-2^{m}$ über dem Wasser (bei Mangel an Erde niedriger, für Seeschiffe höher), ist $2-3^{m}$ breit (je ob für 1 oder 2 Pferde nebeneinander) mit Quergefälle von dem Kanal ab und kleinem Graben dahinter, wenn im

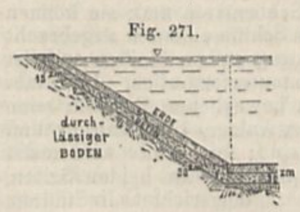
Einschnitt belegen. Hier sind alle übrigen Böschungen gut zu bekleiden und das Regenwasser nicht in den Kanal zu leiten; in Betreff der weiteren Ausführung s. Uferbau.

Aufträge sind mit grösster Vorsicht aus schwerer, dichter Erde aufzuführen, welche in dünnen Schichten (wie bei Deichbauten) gestampft werden muss. Die Dämme des Kanals erhalten in der Spiegelhöhe desselben eine Breite von mindestens 2m, dabei innen und aussen 2—3malige Böschungen, welche aber beide durch Mauerwerk ermässigt werden können. Schweissgräben am Fuss der Dämme dienen zum Auffangen des versickerten Wassers.

In Mooren kommen Aufträge selten vor; sind sie nicht zu vermeiden, so muss das Moor eingeschnitten und die Dämme zu beiden Seiten des Kanals rasch bis zum festen Boden aufgeschüttet und anfangs etwas überhöht werden. Unter der Sohle kann das Moor stehen bleiben. Seitliche Erhebungen desselben dürfen nicht nachträglich weggegraben werden, obwohl dies während des Baues zulässig ist. Bei der Breitenabmessung des Kanals ist Rücksicht zu nehmen auf etwaiges Rutschen des Dammes. Wird ein Kanal in das Moor eingeschnitten, so ist der Ziehweg etc. von der Kante etwas entfernter ev. auf eine Faschinenunterlage zu legen und die Kanalböschung erforderlichen Falls bohlwerkartig durch lange eingestossene Pfähle mit Faschinen dahinter zu stützen.

In durchlässigem Boden, Sand, Kies, besonders in klüftigem Kalkfels etc. ist, wenn der Spiegel über dem Grundwasser liegt, unter Umständen eine besondere Dichtung nöthig. Ist nur eine einzelne Stelle leck — was man durch Trichterbildung im Spiegel, bei Dämmen aussen durch Schwitzwasser erkennt, — so ist dieselbe durch Abdämmungen aufzusuchen und der Leck möglichst zu beseitigen. Liegt aber die Undichtigkeit des Kanals nicht in einem einzelnen Leck, so ist die ganze Strecke zu dichten; und zwar entweder durch trübes Wasser, dem bei Sandboden nur Thon, bei Kiesboden besser Sand und Thon beigemischt worden; oder durch Thonschlag, welcher in erdfeuchtem Zustande in 2—3, etwa 10—20zm dicken Schichten eingebracht und festgestampft wird und, wenn der Kanal zeitweilig trocken liegt, ein Zusatz von 10—30 pZt. Sand zum Thon erhalten, oder mit schlammiger Erde bedeckt werden kann; oder aber durch einen bis unter die Kanalsohle hinabreichenden Thonkern in den beiderseitigen Dämmen; oder endlich, was besonders bei Felsboden gut, durch Uebermauerung oder im Trockenen angebrachten Beton, in einer Dicke oben von ca. 15zm, unten neben und unter der Sohle von 30zm, welcher zum Schutz gegen Beschädigungen mit Erde bedeckt wird; letztere wird in den Seitenwänden gegen das Herabrutschen durch Vorsprünge des Betons gestützt (Fig. 271).

Fig. 271.

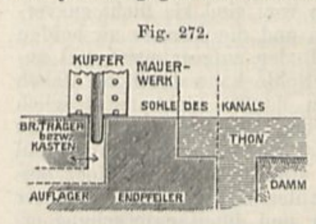


Schleusen werden für Kanäle mit mässigem Verkehr (von höchstens ca. 30 Schiffen an einem Tage) mit einfacher Kammer, bei grösserem Verkehr besser mit Kammer für 2 Schiffe erbaut; jedoch wird dadurch oft entweder ein Warten der Schiffe nöthig oder ein grösserer Wasserverbrauch verursacht.

Kanalbrücken (meist falsch Brücken-Kanäle genannt) erhalten ein möglichst kleines Profil für höchstens 2 Schiffe nebeneinander, zuweilen auch nur für eins, wenn der Verkehr nicht leidet. Der Leinpfad, welcher nur schmal sein darf und mit Geländer versehen

wird, ist ev. auf eine im Wasser stehende durchbrochene Unterstützung legen, so dass das Wasserprofil grösser und der Zug leichter wird. Bei steinernen Kanalbrücken giebt man den inneren Wänden eine etwa ½malige Anlage, wodurch das Profil vergrössert und die Seitenmauern verstärkt werden; gute Abdeckung der Gewölbe ist erforderlich. Eiserne Kanalbrücken konstruirt man besser aus Blech als aus Gusseisen; man wählt entweder einen wasserdichten Holz- oder Blechkasten, dessen Seitenwände durch die Hauptträger der Brücke gestützt werden, oder man konstruirt einfacher die ganze Brücke als Kasten, der jedoch gegen alle Druckrichtungen sicher auszusteifen ist.

Fig. 272.



Bei eisernen Kanalbrücken ist wegen der Temperaturverschiebung etc. zur Dichtung des Kastens an den Auflagern der Endpfeiler ein elastischer kupferner Falz (Fig. 272) anzubringen. Zum wasserdichten Anschluss der Pfeiler an den Damm dient am besten ein die Fuge verdeckender Thonschlag.

Ferner ist an beiden Enden eine Absperrungsvorrichtung (durch Dammbalken, Stemmthore etc.) erforderlich, um für Reparaturen, event. im Winter das Wasser durch eine besondere Schützöffnung ablassen zu können, ohne die ganze Haltung trocken legen zu müssen (s. S. 118).

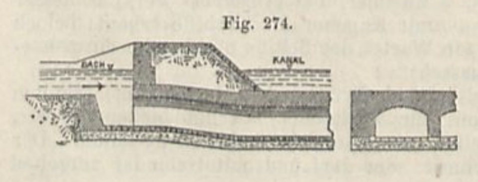
Tunnels sind immer möglichst zu vermeiden, weil sie dunkel, schlüpfrig, zugig sind, Echo und grossen Widerstand verursachen; sie werden, um Gefahren und grosse Weite zu vermeiden, selten zum Begegnen der Schiffe, meist nur für ein Schiff eingerichtet, mit 1m Spielraum zu beiden Seiten. Der Leinpfad liegt auf einem Bankett, am besten auf einzelnen Stützen zur Vergrösserung des Wasserprofils, zu welchem Zweck auch die Sohle rund vertieft wird (Fig. 273). Statt des Leinpfades dient auch ein Seil unter der Decke, wenn nicht überhaupt Seilschiffahrt eingeführt wird.

Fig. 273.



Brücken über Kanäle, auf denen nicht gesegelt wird (s. w. u.), werden, wenn die Strasse etc. hoch genug gelegt werden kann, womöglich als feste Brücken und so weit eingerichtet, dass 2 Schiffe sich bequem begegnen können; ferner ist es gut, wenn der Leinpfad mit unter der Brücke hindurchgeht. Feste Brücken erhalten mindestens 3,2m Höhe über dem Wasser, damit ein hochbeladenes Schiff passiren kann (kleine Dampfer legen den Schornstein um); sie können zuweilen bequem über dem Unterhaupt von Schiffsschleusen angebracht werden. Wenn der Mast für den Leinenzug stehen bleiben soll, ist mindestens eine Höhe von 6m über Wasser erforderlich. Ist nicht genug Höhe zu haben, so muss man zu beweglichen Brücken seine Zuflucht nehmen, die jedoch theurer in der Anlage, Unterhaltung und Wartung und lästig für den Landverkehr sind; ihre Weite wird meist nur für 1 Schiff, mit mindestens 0,5m Spielraum zu beiden Seiten, eingerichtet. In Städten, wo breite Brücken nöthig sind, wählt man Wippbrücken mit mehren Klappen nebeneinander, auf dem Lande etc. billiger Klappbrücken (Portalbrücken) bis zu

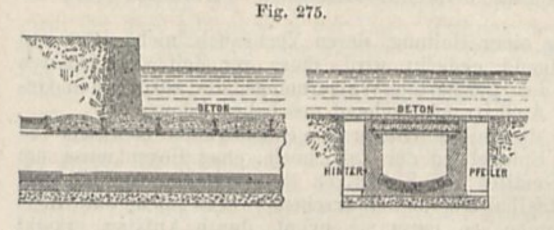
Fig. 274.



6m Weite mit 1 Klappe, bei grösseren Weiten wendet man entweder 2 Klappen oder besser Drehbrücken an. (S. Brückenbau).

Wasserläufe, welche die Kanallinie schneiden, werden meist untergeführt, event. dückerartig, mit geneigter Aus- und Einmündung. Der Querschnitt richtet sich nach der grössten Wassermenge und ist wegen des Durchgangs von Eis, Holz etc. ja nicht zu eng zu wählen.

Fig. 275.



Für kleine Bäche genügt ein gusseisernes Rohr, für grössere müssen die Dücker aus Mauerwerk event. mit mehren Oeffnungen und Zwischenpfeilern hergestellt werden (Fig. 274); die Decke wird am besten gewölbt, auch für geringe Konstruktionshöhe aus eisernen Balken mit dazwischen gespannten Kappen gebildet (Fig. 275). Vor die Einmündung legt man zuweilen einen Sandfang, der aber rasch gefüllt wird.

4. Wasserbedarf, Speisung und Entlastung.

Die Ursachen des Wasserverbrauchs sind:

1) Verdunstung. Dieselbe ist besonders in den Sommermonaten Juni, Juli und August zu beachten, nach den lokalen Verhältnissen verschieden und durch Beobachtung zu ermitteln; im Durchschnitt ist für Deutschland als grösste Verdunstung 125mm für 1 Monat und ca. 30zm für jene 3 Monate zu rechnen.

2) Filtration, jedoch nur, wenn der Spiegel des Kanals über dem Grundwasser liegt (umgekehrt findet Speisung statt); sie ist, je höher der Spiegel und je durchlässiger der Boden, desto stärker und nicht im Voraus zu berechnen, sondern nur nach ähnlichen bekannten Fällen zu schätzen. Bei Dämmen wird die Filtration noch durch äussere Verdunstung, Maulwurfslöcher etc. vermehrt; in klüftigem Fels ist sie am stärksten. Als Mittel dagegen kann nur Dichtung angewendet werden.

3) Undichtigkeit der Schleusen; sie darf etwa 3 bis 7l pro Sek. und für 1 Schleuse betragen.

4) Verbrauch beim Durchschleusen der Schiffe. Er ist von der Grösse der Schiffe und Schleusen, von der Zahl der ersteren und ihrer Richtung abhängig und dabei Durchschnitt und Maximum zu unterscheiden. Da sich begegnende Schiffe weniger Wasser verbrauchen als sich folgende, und im Durchschnitt angenommen werden kann, dass in einem grösseren Zeitraum etwa die Hälfte der Schiffe sich begegnet, die andere Hälfte sich folgt, so kann (einfache Schleusenkammern vorausgesetzt) gerechnet werden, dass 2 eine Schleuse passirende Schiffe im Durchschnitt je $^3/_4$ Schleusenfüllungen verbrauchen, oder dass ein durch eine Scheitelstrecke fahrendes, also 2 Schleusen passirendes Schiff $1^1/_2$ Füllungen verbraucht.

Aus den 4 obigen Ursachen des Verbrauchs ist für jede Strecke der Maximal-Verbrauch zu berechnen. Da das zum Durchschleusen verbrauchte Wasser aus der Scheitelstrecke nach den beiderseitigen unteren Haltungen gelangt, so genügt in der Regel die Speisung der Scheitelstrecke zur Deckung des Bedarfs in den unteren Haltungen,

wenn nicht in letzteren besonders starke Filtration, grosser Lokalverkehr etc. stattfindet. Ferner ist zu beachten, dass Kuppelschleusen in anderer Weise Wasser verbrauchen als einfache, dass in kurzen Haltungen das Durchschleusen der Schiffe das Wasser rascher senkt als in langen (was man event. durch Verbreiterung, Seitenbassins etc. auszugleichen sucht), und dass durch kleineres Schleusen-Gefälle weniger Wasser beim Durchschleusen verbraucht wird als durch grosses.

Die Speisung einer Haltung, deren Verbrauch nicht etwa von einer oberen genügend gedeckt wird, muss zur Zeit des grössten Verbrauches und der geringsten Wassermenge der natürlichen Gewässer (Juni, Juli, August) ausreichend geschehen können.

Dazu ist die disponible Wassermenge geeigneter Gewässer zu konstatiren, deren Spiegel zu der Zeit hoch genug liegen muss, um nach Abzug des Gefälles im Zubringer (Speisegraben) den Spiegel der betreffenden Kanalhaltung zu beherrschen. Wenn solche natürliche Höhe nicht vorhanden, so muss sie event. durch Aufstau ersetzt werden; reicht die konstante Wassermenge des speisenden Gewässers nicht aus, so kann man ein Sammelbassin durch Umdeichung, Thalabschluss etc. anlegen. Zu solchen Staudämmen wählt man je nach dem Untergrund und dem disponibelen Baumaterial entweder einen Erddamm event. mit besonderem Thonkern (Fig. 276), oder einen gemauerten Damm (Fig. 277); in beiden Fällen sind Ablassvorrichtungen und besondere Vorsicht zum dichten Anschluss an den Untergrund nöthig. Dabei ist aber besonders wieder der Wasserverlust durch Verdunstung und Filtration zu beachten, letztere auch für den Zubringer. Ueber Anlegung des letzteren s. d. Abschn. Wasserleitung. Jeder Zubringer ist am oberen und unteren Ende mit einem Schützwerk zu versehen, um den Zufluss beliebig reguliren zu können; das Wasser ist mit kleinster Geschwindigkeit und frei von Sand etc. in den Kanal einzulassen (am besten in der Höhe des Spiegels).

Fig. 276.

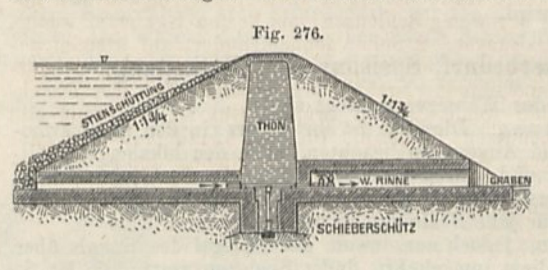


Fig. 277.

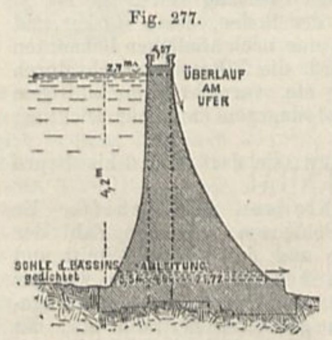


Fig. 278.

Wenn die Haltungen dauernd oder zeitweise mehr Wasser bekommen, als sie unschädlich in untere ablassen können, so ist zur Entlastung derselben nach einem geeigneten Wasserlauf hin eine Ablassschleuse anzulegen, zweckmässig in der Höhe des zulässigen Spiegels, mit Ueberfall und zugleich für kräftiges Ablassen mit Grundschütz versehen (Fig. 278).

5. Schiffahrtsbetrieb.

Segeln kann selten angewendet werden; es ist nur in flachen Gegenden auf geraden Kanälen für kleinere Schiffe üblich.

Schieben mit Stangen dient nur für kurze Strecken in Städten etc., sonst ist es theuer und langsam. Gewöhnlich wendet man

Leinenzug an, wozu ein Leinpfad wie bei Flüssen angelegt wird, der aber günstiger in der Lage, Wirkung und Unterhaltung und oft nur für Menschen eingerichtet ist. Bei Tunneln ist meist der Zug nur nach einer Richtung für gewisse Tagesstunden erlaubt; eine solche Einrichtung ist aber nachtheilig für den Verkehr, die Durchschleusung etc.

Dampfschiffe dürfen nur mit geringer Geschwindigkeit, je nach der Breite des Kanals mit etwa 1—2^{m} pro Sek., fahren, um Gefahren und Angriff der Ufer durch Stauwellen zu vermeiden. Es werden, abgesehen von den Personen-Schiffen, sowohl einzelne Schiffe mit einer kleinen Schraube versehen, als auch besondere Schlepper für mehre Schiffe angewendet. Bei grossen Schiffen und vielen Schleusen ist ersteres vortheilhafter. Raddampfer sind fast nie zuzulassen.

Seilschiffe (eine Kette ist nicht vortheilhaft) eignen sich besonders für Kanäle mit wenig Schleusen; am besten legt man, wenigstens in grossen Haltungen, 2 Seile nebeneinander, auf kleinen genügt 1 Seil. Dasselbe kann bei Schleusen mittels eines kleinen Ausschnittes im Drempel hindurchgehen, was freilich für das Durchschleusen der Schiffe wenig Gewinn bringt. Gut ist es, wenn alle Schiffe das Seil benutzen müssen. Die Geschwindigkeit darf mindestens 2^{m} betragen, die Ufer sind erforderlichen Falles zu befestigen.

Vergl. auch den Abschnitt: Flussbau.

B.

DER BRÜCKENBAU.

Bearbeitet von W. Housselle, Eisenbahn-Baumeister zu St. Johann-Saarbrücken.

Litteratur. 1) Sammelwerke: M. Becker (B.), der Brückenbau in seinem ganzen Umfange, 4. Aufl., Stuttgart 1873; C. M. Bauernfeind (Bfd.), Vorlegeblätter zur Brückenbaukunde mit erläut. Text. 2. Aufl., bearb. von A. Döhlemann und W. Frauenholz, Stuttgart 1872; Dr. F. Heinzerling (Hlg.), die Brücken in Eisen, Leipzig 1870; F. Schwarz (Schw.), der Brückenbau, 35 Tafeln mit Text. Berlin 1866. — 2) Zeitschriften: Allgemeine Bauzeitung (A. B. Z.); Annales des ponts et chaussées (A. p. c.); Deutsche Bauzeitung (D. B. Z.); Zeitschrift für Bauwesen (Z. f. B.). — Die in Klammern gesetzten Buchstaben bezeichnen die Abkürzungen, welche bei der Hinweisung auf die Quellen im Text angewendet wurden.

Allgemeines.

Ununterbrochene Kommunikation stellen her: A. Die festen Brücken. Wo solche wegen mangelnder Höhe den Verkehr unter ihnen hindern würden, sind B. bewegliche Brücken anzuordnen. Statt dieser, der geringeren Kosten wegen, oder aus strategischen Gründen bei mässigem Verkehr: C. Fähren.

Lage und Richtung der Brücken ist meist durch die Trace des zu überführenden Verkehrsweges bestimmt. Vergl. daher den Kanal-, Strassen und Eisenbahnbau, auch wegen der zulässigen Minimalradien für die Brückenanschlüsse und Maximalsteigungen vor und auf der Brücke. Anzustreben ist normale Richtung der Brücke und Lage in regelmässiger Flusstrecke. Oft ist es vortheilhaft, eine Flusskorrektion resp. Verlegung mit dem Brückenbau zu verbinden (Bau der Brücke im Trockenen). Getrennte Fluthbrücken sind oft nothwendig, wünschenswerth jedoch ist, sie zu vermeiden.

Höhe. Die lichte Höhe über Schienenoberkante einer Eisenbahn muss nach den technischen Vereinbarungen der Eisenbahn-Verwaltungen mindestens 4,8^m, über der Krone einer Strasse nach Bfd. mindestens 4^m betragen; meist wird 4,4^m, bisweilen 5^m verlangt; für Pferdeeisenbahnen ist 4,6^m lichte Höhe erforderlich; über dem Hochwasser eines (dann nicht mehr schiffbaren) Flusses mindestens 1^m, für Kanalschiffe 3^m, für Segelschiffe 30^m.

Breite. Die Breite von Eisenbahnbrücken richtet sich nach dem freien Profil und beträgt bei Strassenbrücken für 1 Wagen mindestens 3^m, für 2 Wagen, wenn die Ladung über das Trottoir vorragen darf, 5^m, wenn die Tragwände zwischen der Fahrbahn und dem Fussweg liegen; 6,5^m. Fusswege erhalten, wenn sie von der Fahrbahn getrennt sind 1,5^m, sonst 1^m Breite. Beispiele für Anordnung von Strassenbrücken sind:

Fig. 279: Maasbrücke zu Roermond, rot. 180^m lang (A. B. Z. 1868, 69).

Fig. 280: Oderbrücken in Breslau, 54 resp. 80^m lang (Z. f. B 1868).

Fig. 281: Brahebrücke zu Bromberg, 36^m lang, (Z. f. B. 1870).

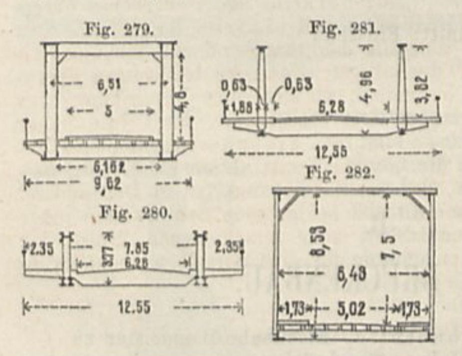


Fig. 282: Rheinbrücke zu Köln, 425^m lang, (Z. f. B. 1863).

Der Pont neuf in Paris hat 20,79^m Breite zwischen den Brüstungen, die Westminster-Brücke in London 26^m.

Kanalbrücken müssen mindestens eine Schiffbreite + 0,5^m Spielraum an jeder Seite erhalten.

Durchflussweite. Für die Durchflussweite einer Brücke über einen Fluss findet man meistens Anhalt an nahe oberhalb oder unterhalb bereits ausgeführten Brücken.

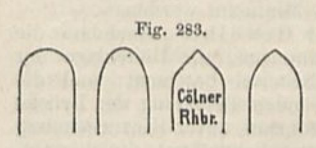
Um die Weite theoretisch zu bestimmen, ist die Geschwindigkeit zu berechnen, welche das Wasser in Folge der Einengung des Profils durch die Brückenpfeiler unter der Brücke annimmt. Diese darf nicht so

gross sein, dass sie das Material des Flussbettes fortspült. Auch ist der oberhalb der Brücke entstehende Stau zu berücksichtigen. Ueber die erforderlichen Formeln siehe Theil I, S. 320 und 321. (Vergl. auch Rühlmann's Hydromechanik).

Zwischenpfeiler. Die Richtung der Zwischenpfeiler ist womöglich normal zur Brückenaxe zu wählen; sie muss jedoch bei Ueberbrückung von Wegen und Eisenbahnen meist, bei Flüssen immer parallel zu deren Richtung genommen werden. Der Wupper-Viadukt bei Elberfeld hat bis über Wasser kreisförmigen Pfeiler-Grundriss.

Vorköpfe. Zur besseren Theilung des Wassers (Eises etc.), sowie zur Vermeidung von Wirbeln erhalten die Zwischenpfeiler an beiden Enden Vorköpfe, wovon in Fig. 283 einige der gebräuchlichsten Formen dargestellt sind. Der obere Vorkopf wird bisweilen schräg als Eisbrecher ausgebildet.

Fig. 283.



Eisbrecher. Bei starkem Eisgang setzt man meist besondere Eisbrecher vor die Pfeiler. (S. Weserbrücke in Bremen, Zeitschr. d. A.- u. I.-V. zu Hann. 1869).

A. Feste Brücken.

Die festen Brücken theilen sich statisch in Balkenbrücken, deren Ueberbau nur vertikalen Druck auf die Stützen übt; Bogen-(Sprengwerks)-Brücken, bei denen ein horizontaler Druck auf die Stützen hinzutritt; Hängebrücken, bei denen statt dieses Druckes ein Zug vorhanden ist; gemischte Konstruktionen. Nach dem Material der wesentlichsten Theile des Ueberbaues unterscheidet man: steinerne, hölzerne und eiserne Brücken.

Steinerne Brücken sind die dauerhaftesten und monumentalsten; hölzerne gemeinhin die billigsten und am leichtesten herzustellen, sie empfehlen sich besonders, wo sich ihre Beseitigung oder Veränderung in nicht zu langer Zeit vorhersehen lässt (die Dauer einer Holzbrücke beträgt 30—40 Jahre); eiserne Brücken sind anzuwenden, wo für steinerne die nöthige Konstruktionshöhe fehlt, hölzerne aber zu undauerhaft oder unzulässig sind (so in Deutschland bei Eisenbahnbrücken), sowie allemal bei grossen Spannweiten (über 60—80^{m}). Die nach der Oertlichkeit sehr verschiedenen Preise der Baumaterialien sind vor Entscheidung für eins derselben ebenfalls zu berücksichtigen.

1. Steinerne Brücken.

a. Platten-Durchlässe.

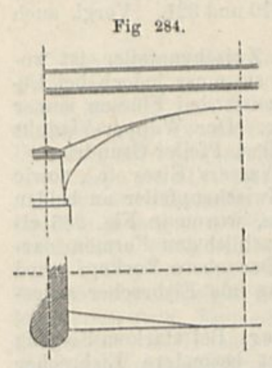
Plattendurchlässe (s. Henz, Normalbrücken u. Durchlässe, Berlin 1855) werden bis 1^{m} (nach Bfd. bis 1,5^{m}) Weite angewendet. Die Deckplatten sind bis 0,63^{m} Weite 16^{zm}, darüber 25^{zm} stark, die Flügel am einfachsten rechtwinklig oder parallel zur Axe des Durchlasses zu nehmen.

b. Gewölbte Brücken.

Bei gewölbten Brücken sind die Kämpfer womöglich über oder in die Hochwasserlinie zu legen. Becker schreibt dies nur für sehr flache Segmentbögen vor, während weniger gedrückte Segmentbögen um die Hälfte der Pfeilhöhe, Korbbögen um $^3/_4$, Halbkreise und über-

höhte Bögen um $\frac{2}{3}$ der Pfeilhöhe in das Hochwasser eintauchen dürfen. Lässt sich eine Eintauchung nicht vermeiden, so sind zur Minderung der Kontraktion und zur Einlenkung schwimmender Körper in die Brückenöffnungen die Gewölbekanten in Form der sog. Kuhhörner abzufasen (Fig. 284, s. Perronet, Beschreibung der Brücken bei Neuilly etc.; Almabrücke, Z. f. B. 1856, p. 124). Die Anzahl der Brücken-Oeffnungen, wenn sie frei gewählt werden kann, ist durch vergleichende Kostenüberschläge so zu bestimmen, dass die Kosten ein Minimum werden.

Fig 284.



Form der Gewölbe. Nachdem die Weite der Oeffnungen, die Höhenlage der Kämpfer und Scheitel bestimmt, und die Höhe der bleibenden Belastung der Brücke bekannt ist, kann man, unter Hinzurechnung der grössten beweglichen Last, die den Gewölben zweckmässig zu ertheilende Form leicht ermitteln, indem man die Masse des Gewölbes symmetrisch um die Stützlinie gruppirt, die Lagerfugen senkrecht zu dieser anordnet und die Stärke so wählt, dass die Inanspruchnahme des Materials durch das ganze Gewölbe eine gleiche, noch zulässige ist (s. Hagen, Form und Stärke gewölbter Bögen — Hoffmann, über dasselbe Thema — Schwedler, Theorie der Stützline, Z. f. B. 1859 — Culmann, graphische Statik). Bei geringer Ueberschüttungshöhe ist die ungünstigste, schiefe Belastung (auch durch Einzellasten) wohl zu berücksichtigen.

Will man einer bestimmten Bogenform den Vorzug geben, so kann man umgekehrt die Belastung (Uebermauerung) so anordnen, dass die Stützlinie nahezu mit der Mittellinie zusammenfällt. Beim Halbkreis gilt dies von dem mittleren Theil noch, wenn dessen Zentriwinkel 140° umfasst und sich die Belastungshöhe im Scheitel zum Radius der Gewölbemittellinie wie 1 : 25 verhält. Eine horizontal abgeglichene Belastung wird durch einen Kreisbogen gestützt, wenn der Zentriwinkel nicht über 40° beträgt und die Belastungshöhe im Scheitel zum Radius der Gewölbemittellinie sich wie 1 : 3 verhält. Soweit die Belastung den Anforderungen des Halbkreises als Stützlinie nicht angeschmiegt werden kann, muss die Hintermauerung einen Theil der Gewölbefunktionen übernehmen. Dieselbe ist mit Rücksicht darauf anzulegen. (Grösste Halbkreisgewölbe, soweit bekannt, beim Viktoria-Viadukt bei Durham mit 48,8^{m} Sp.-W. — s. Schw.)

Da bei gleicher Spannweite der Horizontalschub in umgekehrtem Verhältniss zur Pfeilhöhe steht, so kann grosse Konstruktionshöhe mit Vortheil durch überhöhte Bögen ausgenutzt werden (Strigisthal-Viadukt, Z. f. B. 1869. — Korbbögen aus 3 Mittelpunkten).

Bei einzelnen Brücken sind Spitzbögen angewandt (Aquädukt bei Spoleto — Schw). Sie sind nur motivirt, wenn ihre Scheitel konzentrirte Einzellasten tragen, z. B. Thore oder Pfeiler einer höheren Bogenstellung. (Viadukt von Point du jour, A. p. c. Die Spitzbögen sind hier nicht aussen sichtbar).

Bei geringer Konstruktionshöhe (wenn die Pfeilhöhe kleiner ist als die halbe Spannweite) ist das Kreissegment wohl die verbreitetste Form, welche sich bei Zentriwinkeln von 40 — 80° und einem Verhältniss der Belastungshöhe im Scheitel zum Radius von 1 : 3 bis 1 : 5, der Stützlinie gut anschmiegt. Segmentbögen sind in Frankreich bis $\frac{1}{13}$, ja $\frac{1}{17}$ Pfeil ausgeführt, doch empfiehlt Becker den Pfeil

bei Gewölben bis 10^m^ Weite nicht unter $\frac{1}{12}$
" " von 10—20^m^ " " " $\frac{1}{10}$
" " " 20—30^m^ " " " $\frac{1}{8}$
" " " 30—60^m^ " " " $\frac{1}{6}$

zu nehmen. (Grösster Segmentbogen: die im 14. Jahrhundert zerstörte Addabrücke bei Trezzo mit 76^m^ Spannweite bei ca. $\frac{1}{5}$ Pfeil — s. Schw.)

Wie bei überhöhten, so kann man auch bei gedrückten Bögen durch Anwendung von Korblinien der theoretisch richtigen Bogenform sehr nahe kommen (s. Brücke von Neuilly, aus 11 Mittelpunkten). Meist werden 3—5 Mittelpunkte dazu genügen. Uebliche Konstruktionen der Korblinie s. Schw. und Breymann's Baukonstruktionslehre.

Steinverband normaler Gewölbe. Die normalen Gewölbe erhalten parallel zu ihrer Axe und normal zur inneren Leibung (eigentlich zur Mittellinie des Drucks) gerichtete, durch ihre ganze Stärke hindurchgehende Lagerfugen. Hieraus folgt die Keilform der Steine, die bei Ziegelgewölben unbequem ist. Bei mässiger Stärke und grossem Radius genügen gewöhnliche Ziegel, deren Fugen nach aussen stärker werden. Wird die Fugenerweiterung zu gross (etwa mehr als 1^zm^) so sind keilförmige Ziegel oder wenigstens Ziegel verschiedener Formate anzuwenden. In England wendet man, um dies zu vermeiden, Wölbung aus konzentrischen, $\frac{1}{2}$ Stein starken Ringen an, bei denen nur gelegentlich, wenn 2 Lagerfugen aufeinander treffen, durchgebunden wird. Diese Wölbungsart ist für die Ausführungsart zwar bequem, kann aber nicht als rationell bezeichnet werden. In Frankreich werden bisweilen Gewölbe aus unbearbeiteten, unregelmässig nebeneinander gestellten Bruchsteinen hergestellt, die mit Zement vergossen werden. (S. Almabrücke, Z. f. B. 1856 p. 124).

Bei Quadergewölben lässt man nicht gern die horizontalen Schichten der Stirnmauern spitz gegen die äussere Gewölbeleibung laufen. Sog. Hakensteine (Fig. 285) sind unzulässig. Am besten ist die Abtreppung nach Fig. 286. Um einen zweckmässigen und gefälligen Verband zu erreichen, dürfen die Stärken der Gewölbe- und Stirnmauerschichten zu- oder abnehmen (London-Brücke, s. Becker). An den nach Fig. 286 angeordneten Gewölbsteinen arbeitet man auch wohl ein vortretendes Archivolten-Gesims an. Endlich kann man den an die äussere Leibung stossenden Stirnmauersteinen eine wölbsteinartige Form geben (Fig. 287).

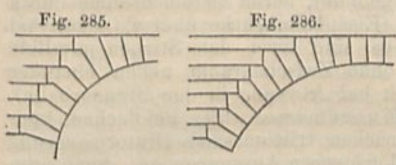
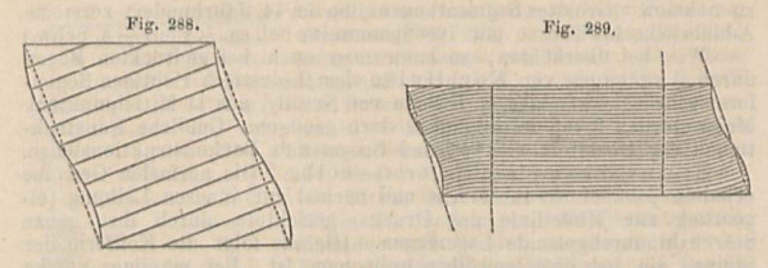

Fig. 285. Fig. 286.

Fig. 287.

Schiefe Gewölbe. Die Lagerfugen schiefer Gewölbe sind der Theorie nach so auszuführen, dass sie an der Stirn unter rechtem Winkel gegen diese und gegen die innere Leibung beginnend, weiterhin in jedem mit der Stirn gleichlaufenden Querschnitt wiederum senkrecht gegen diesen und gegen die innere Leibung stehen (s. Bfd. u. A. B. Z. 1871, Ferd. Hoffmann über schiefe Ziegel- und Quader-Brückengewölbe). Hierbei erhält jede Wölbschicht veränderliche Breite. Man konstruirt daher meist die Lagerfugen als Schraubenflächen, die möglichst wenig von der theoretisch richtigen Lage abweichen. Die Schnitte dieser mit der inneren Leibung stellen sich in deren Abwickelung als gerade parallele Linien dar, die senkrecht auf den die Endpunkte je einer Stirnlinie verbindenden

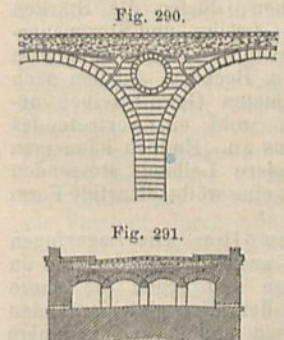
Sehnen stehen (Fig. 288). Nach Bfd. soll die Abweichung der Lagerfugenrichtung von der theoretisch genauen nicht über 5° betragen, da sich bei Gewölben, wo sie 8° betrug, Ausbauchungen an der Stirnfläche gezeigt haben sollen.


Fig. 288. Fig. 289.

Bei schiefen Gewölben von bedeutender Länge ist es zweckmässig, die Mitte normal und an beiden Enden schief zu wölben (Fig. 289 — s. D. B. Z. 1870, p. 107). Die Lagerfugen der schiefen Theile bilden in der Abwickelung konzentrische Kreisbögen, deren Mittelpunkt da liegt, wo die Stirnlinie (-Sehne) von der Grenzlinie zwischen dem geraden und schiefen Gewölbtheil geschnitten wird.

Die Umgehung der schiefen Wölbung ist möglich, wenn man das Gewölbe über Erforderniss verlängert, bis sein Grundriss ein Rechteck wird. Bei hoch überschütteten Brücken findet dann schräge Abgleichung der Stirnmauern nach der Neigung der Böschung, bei wenig überschütteten Brücken Verbreiterung des Weg- oder Bahnplanums auf der Brücke statt.

Man hat auch das Gewölbe aus mehren normal gewölbten, zur Stirnfläche parallelen Gurtbögen gebildet, deren Zwischenräume durch Steinplatten geschlossen wurden (Eisenbahnbrücke über d. Ornain bei Bar-le-Duc, A. B. Z. 1865), oder es sind zwei den Stirnen parallele Bögen (für jedes Gleise einer) ohne Zwischenraum neben einander gestellt. (Brücke über die Eisack bei Atzwang in der Brennerbahn).


Fig. 290. Fig. 291.

Hintermauerung. Bei flachen, kleinen Brücken tritt massive Hintermauerung ein, bei grösseren Aussparungen. Am besten sind hohle zylindrische Räume über den Mittelpfeilern (Fig. 290) oder Mauern parallel den Stirnmauern, durch kleine Tonnengewölbe verbunden (Fig. 291). Der Verband zwischen Gewölbe und Hintermauerung ist zur Verspannung der Gewölbe zweckmässig (s. Londonbr. in d. Sammlg. v. Zeich. a. d. Wasserbauk. v. Stud. d. K. B.-A. zu Berlin).

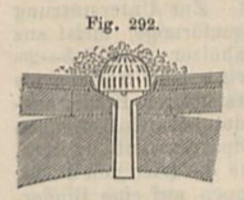
Abwässerung. Für Ableitung der Tagewasser ist schon oberhalb der Brückenbahn (besonders bei Strassenbrücken) zu sorgen. Das Sickerwasser ist entweder durch geneigte Gewölbeabdeckung hinter die Widerlager zu führen, oder durch die Gewölbescheitel, Gewölbeschenkel, Stirnmauern über den Zwischenpfeilern, oder die Zwischenpfeiler selbst, abzuleiten (s. Z. f. B. 1865, p. 299).

An Stellen, wo Wasser durch Mauerwerk geleitet wird, ist letzteres

schwer vor Nasswerden zu schützen, daher die Ableitung des Wassers von der ganzen Brücke am besten bis hinter die Widerlager erfolgt. Gefälle der Abdeckung 1 : 80, noch mit Erfolg bei der Eisenbahnbrücke über die Brahe bei Bromberg ausgeführt. Für Einzelöffnungen schreibt Henz (Normalbrücken und Durchlässe) 1 : 3 vor. Wo Durchleitungen durch Mauerwerk nicht zu vermeiden, sind dieselben womöglich frostfrei anzulegen; am besten also Ableitung durch die Pfeiler in frostfreien, leicht zugänglichen Röhren, die mit dem Grundwasser oder dem Wasser des Flusses so in Verbindung stehen, dass auch die Ausmündung nicht zufriert. Ist dies nicht möglich, so ist der Raum über den Gewölben als Bassin zu betrachten, in dem die Feuchtigkeit im Frühjahr steht, bis die zugefrorene Mündung des Ableitungsrohrs aufthaut. Mit Rücksicht hierauf ist grosse Sorgfalt der Konstruktion nöthig.

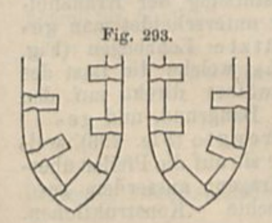
Die Abdeckung der Hintermauerung geschieht meist durch 1—2 Ziegel-(Klinker-)Flachschichten in Zement, die mit einer mindestens 1^{cm} starken Lage von Asphalt oder besser Asphaltfilz (Asphaltplatten) überdeckt werden, welche an den Stirnmauern, soweit sie mit dem Erdreich in Berührung kommen, hinaufzuführen sind. Thonschlag über der Asphaltschicht (den Henz vorschrieb) ist entbehrlich, wenn nicht gar schädlich. Zur Ueberschüttung der Gewölbe ist möglichst durchlässiges Material zu verwenden. Bei Lehmboden soll Abdeckung der Asphaltschicht durch Schiefer mit Vortheil angewandt sein. Die Durchführung des Wassers durch die Stirnmauern kann mittels steinerner Rinnen, durch die Gewölbe oder Pfeiler in gusseisernen (oder kupfernen) Röhren erfolgen, die oben einen mit gusseiserner durchlöcherter Haube oder mit Steinplatten abgedeckten Trichter tragen. Die Röhren sind nach unten etwas zu erweitern und vor Berührung mit dem Mauerwerk zu hüten (z. B. durch Zwischenlegen von Asphaltplatten). Von oben muss die Asphaltabdeckung über den Rand des Trichters greifen und wasserdicht an denselben anschliessen (Fig. 292).

Fig. 292.



Fahrbahn. Die Ueberschüttung der Gewölbe sollte (n. Becker) nirgend weniger als $0{,}3^{m}$ stark sein. Stärkere Ueberschüttung, wenn Höhe dafür vorhanden, rechtfertigt sich, weil sie die Stösse der Fuhrwerke auf die Gewölbe mildert. Die Fahrbahn der Strassenbrücken wird durch Chaussirung (mit Wölbung = $^1/_{40}$ bis $^1/_{50}$ der Breite), durch Steinpflaster oder Asphalt (Wölbung $^1/_{70}$ bis $^1/_{80}$ der Breite) hergestellt. Bei horizontalem Längenprofil der Fahrbahn erhalten die Rinnsteine mindestens 1 : 300 Gefälle. Das Bett von Kanalbrücken wird durch eine $0{,}014^{m}$ bis $0{,}02^{m}$ starke Asphaltschicht gedichtet. Diese ist durch Vorsetzhölzer gegen das Anstossen der Schiffe zu schützen.

Fig. 293.



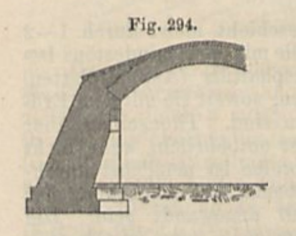
Brüstungen. Die Höhe der Brüstungen ist nach Becker $0{,}75$—$1{,}2^{m}$, sollte jedoch wohl nie unter 1^{m}, in der Regel aber $1{,}20$—$1{,}25^{m}$ betragen. Material am besten Stein (Ziegel), Stärke $0{,}25$—$0{,}60^{m}$. Die Aussenfläche wird meist bündig mit den Stirnen gesetzt, bisweilen durch Ueberkragung nach aussen vorgerückt.

Zwischenpfeiler. Zwischenpfeiler im Wasser erhalten meist Quaderverblendung. Verband etwa nach Fig. 293. Bis-

weilen wird Verklammerung mit Eisen angewendet, besonders an den Vorköpfen. Die Höhe der Verblendungsschichten beträgt etwa 0,3 bis 0,5^{m}, die Läufer sind 0,9^{m}—1^{m} lang, 0,3—0,8^{m} tief, die Binder 0,5—0,9^{m} breit, 0,9—1,5^{m} tief. Bei 20—25^{m} Höhe der Zwischenpfeiler wird eine Verspannung durch zwischengesetzte Bögen nöthig (Göltzschthal-Viadukt rot. 18^{m}, Elsterthal-Viadukt rot. 34^{m} Etagenhöhe).

Widerlager. Die Endwiderlager sind theoretisch als Fortsetzung der Gewölbe (auch mit Berücksichtigung des Erddrucks) zu betrachten und daher in der Konstruktion entweder mit dem Gewölbe zusammen zu ziehen (ponts à culées perdues der Franzosen — Z. f. B. 1857 p. 581), oder doch möglichst der theoretisch sich ergebenden Form anzuschliessen. (Unterschneidung der Widerlager. Fig. 294).

Fig. 294.



Flügel. Die Flügel sind entweder gerade (parallel den Stirnen der Brücke), wo dann zweckmässig ihre Länge durch steile Böschungskegel (die mit Kopfrasen 1 : 1, Steinpflaster 1 : $^{3}/_{4}$ oder Steinpackung 1 : ½—1 : $^{1}/_{4}$ befestigt werden) gekürzt wird, oder schräg, d. h. normal zur Stirnfläche der Brücke, oder wenig (etwa 1 : 5 oder 1 : 4) gegen diese Richtung geneigt. Ihre Vorderfläche kann mit $^{1}/_{12}$—⅛ geböscht werden (wenigstens bei Anwendung natürlicher Steine). Abdeckung in der Ebene der Böschung mit 0,6—0,8^{m} breiten, 0,16^{m} starken Steinplatten, oder mit in das Mauerwerk einbindenden Steinen, oder mit Rollschichten (cf. Henz, Normalbrücken, Bfd. erste Auflage).

Lehrbögen. Die Lehre wird bei Ziegelgewölben durch Schalung von 15^{zm} breiten, 26^{mm} starken Brettern, bei Quadergewölben durch 15 : 15^{zm}—21 : 28^{zm} starke Schalhölzer gebildet, von denen gewöhnlich eines unter jeder Wölbschicht liegt. Zur Unterstützung der Schalung oder der Schalhölzer dienen bogenförmige, meist aus kurzen Stücken bestehende Sparren oder Kranzhölzer in 1, 1,5—2^{m} Abstand von einander. Bei grossen Brücken wird jeder Sparren als selbstständiger Binder ausgebildet, bei kleineren ruhen die Sparren auf Pfetten, welche die Last von 2 oder 3 Rippen auf eine Binder- oder Tragerippe übertragen. Freitragende Länge der Kranzhölzer durchschnittlich 2^{m}, selten über 3^{m}.

Fig. 295.

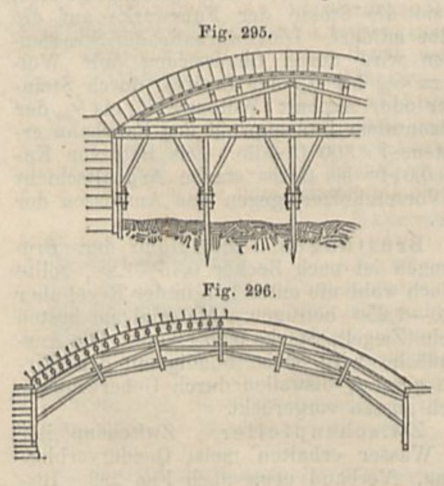


Fig. 296.

Nach der Art der Unterstützung der Kranzhölzer unterscheidet man gestützte Lehrbögen (Fig. 295), welche die Last des Gewölbes direkt auf den Baugrund, und gesprengte (Fig. 296), welche sie auf die Pfeiler übertragen; ausserdem gemischte Konstruktionen. Gestützte Bögen werden

mehr bei niedrigen, gesprengte bei hohen Pfeilern angewendet. Die plötzliche Inanspruchnahme der Pfeiler bei Ausrüstung gestützter Lehrbögen kann für jene gefährlich werden. Insofern sind also gesprengte Bögen besser. Dagegen findet bei diesen in Folge grösserer Durchbiegung leichter ein Oeffnen einzelner Fugen während des Wölbens statt. Die zu erwartende Durchbiegung gut ausgeführter Lehrbögen ist nach Bfd., wenn s die Spannweite und p die Pfeilhöhe des Gewölbes bedeutet:

$$\text{für gestützte Lehrbögen } t = \frac{1}{200}(s-p)$$

$$\text{für gesprengte Lehrbögen } t = \frac{1}{100}(s-p)$$

Ausrüsten. In der Regel werden besondere Vorkehrungen getroffen, um das Ausrüsten allmählig und ohne Stösse vornehmen zu können. Sukzessives Herausschneiden der Streben ist bisweilen angewendet (Neisse-Viadukt zu Görlitz, Z. f. B. 1855; Mainbrücke bei Marktheidenfeld, Bfd.). Am üblichsten ist es, das ganze Lehrgerüst auf Doppelkeile zu setzen; bei Bögen über 20^{m} Spannweite wird jedoch nur der obere Theil des Gerüstes auf Keile gesetzt (Fuldabrücke bei Kragenhof, Z. d. A.- u. I.-V. z. Hann. 1858), oder es werden Keile zwischen die Streben und Kranzhölzer eingeschoben (Fig. 297), oder die einzelnen Schalhölzer auf Keile verlegt (Sèvres-Brücke, Bfd.). Ferner dienen Schrauben, auf denen die einzelnen Kranzhölzer ruhen, zur Ausrüstung (Elbbrücke bei Wittenberge, Z. f. B. 1854); auch Schrauben, auf denen der obere Theil des Lehrgerüstes (oder das ganze) ruht (Strigisthal-Viadukt, Z. f. B. 1869); Exzentriks unter dem Lehrgerüst (D. B. Z. 1870 p. 49); Sandsäcke oder Sandbüchsen, die man auslaufen lässt (bes. in Frankreich — s. a. Okerbrücke, Z. d. A.- u. I.-V. z. Hann. 1866).

Fig. 297.

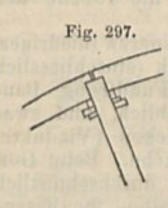


Fig. 298.

Empirische Formeln. Formeln, die unter Andern bei der Rhein-Nahe-Bahn angewandt wurden (Z. f. B. 1862 p. 500).

1) Widerlagsstärke (Fig. 298):

$$a = \frac{W}{8} \quad \frac{3\,W-H}{W+H} + 0{,}314^{m} + \frac{h}{6}$$

Ist über dem Gewölbe eine Dammschüttung von der Höhe h^1, so wird $a^1 = a + {}^1/_{12}\, h^1$ bis $a + {}^1/_6\, h^1$.

2) Gewölbstärke im Schlussstein für Halbkreise und Flachbögen bis $^1/_3$ Pfeil:

$$\text{bei festem Backstein } d = 0{,}24^{m} + \frac{1}{16} W$$

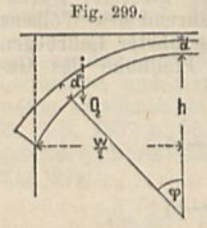
$$\text{bei Quadern } d = 0{,}24^{m} + \frac{1}{32} W$$

Bei einer Dammschüttung von h^1 über dem Scheitel ist im Scheitel

$$d^1 = d\left(1 + \frac{1}{24} h^1\right)$$

Henz setzt bei Halbkreisgewölben die Gewölbstärke

$$d = \frac{1}{24} W + 0{,}314^{m}$$


Fig. 299.

Nach Schwarz ist, wenn (Fig. 299) Q das Gewicht der Gewölbehälfte nebst Uebermauerung und Belastung für 1m Tiefe in Kilogr., K die Druckfestigkeit des Gewölbemauerwerks pro □cm in Kilogr. bedeutet, für Brückengewölbe mit weniger als $^1/_3$ Pfeil

$$d = 0{,}24 + \frac{1}{6525} \frac{Q}{K} \frac{W}{h} \text{ Meter}$$

und bei mehr als $^1/_3$ Pfeil

$$d = 0{,}24 + \frac{1}{2175} \frac{Q}{K} \text{ Meter.}$$

Die Stärke des Gewölbes an jeder zwischen Scheitel und Kämpfer gelegenen Stelle findet man aus der Formel

$$d^1 = \frac{d}{\cos \varphi}$$

Ueber die Stärke der Mittelpfeiler, welche im Allgemeinen zwischen $^1/_{10}$ und $^1/_5$ der Spannweite schwankt, vergl. die Tabelle der Maasse ausgeführter Brücken bei Becker.

Kosten. Bei überschläglichen Schätzungen kleinerer (niedriger) Brücken variirt der Preis pro Kubikmeter Mauerwerk (einschliesslich der Nebenkosten für Erdarbeit, Pflaster, einfache Fundirung, Bauführung etc.) in verschiedenen Gegenden sehr erheblich, und zwar etwa zwischen 18 und 39 Mark. Grosse (hohe) Brücken (Viadukte) schätzt man nach dem Quadratinhalt der Ansichtsfläche. Beim Görlitzer Neisseviadukt (Granit) kostete der Kubikmeter durchschnittlich 57 Mark. Einigen Anhalt zur Berechnung der Kosten für Eisen-

Nummer.	Bezeichnung der Brücke.	Grösste Länge in Metern.	Grösste Höhe in Metern.	Erbaut im Jahre.	Material.	Ansichtsfläche □Meter.	Kosten im Ganzen Mark.	Kosten pr. □Mt. Ansichtsfl. Mark.	Bemerkungen.
1	Göltzschthal	579	80	46—51	Ziegel, Granit u. Sandst.	26130	6 687 000	255	2 gleisig — Z. f. B. 1869 p. 225.
2	Elsterthal	272	70	46—51	desgl.	11290	3 144 000	279	2 gleisig — ebenda.
3	Strigisthal	349	39	66—68	Bruch- und Sandst.	10798	1 528 500	141	2 gleisig — ebenda.
4	Fuldabrücke b. Kragenhof	167	36	53—55	—	—	1 128 000	181,2	2 gleisig — Z. d. A.- u. I.-V. z. Hann. 1858.
5	Werrabrücke b. Münden	—	—	—	—	—	—	117	2 gleisig — ebenda.
6	Viad. v. Gartempe (Châteauroux-Limoges).	—	51	—	—	—	—	164,1	A. B. Z. 1868/69 p. 321.
7	Neisse-Viad. b. Görlitz.	472	38	44—47	Granit.	10000	1 899 000	189,9	2 gleisig — Z. f. B. 1855.

bahnbrücken mag vorstehende Tabelle gewähren. Unter Ansichtsfläche ist der Raum zwischen Schienenunterkante und der Profillinie des Thales verstanden. Die angegebenen Grössen der Ansichtsflächen sind aus Publikationen mit Abgreifen der Maasse berechnet.

Henz giebt den Preis pro □m des Neisseviadukts zu 136,5 Mk. an. Er berechnet die Ansichtsfläche (incl. Brüstung und Fundamente) auf 13900 □m.

2. Hölzerne Brücken.

Hölzerne Eisenbahnbrücken sind nur bei provisorischen Anlagen auszuführen. (S. ausser den Sammelwerken: „Thätigkeit d. deutsch. Feldeisenbahnabtheilungen“, D. B. Z. 1871 und 1872; — Fluthbrücke der österr. Staatsbahn bei Tornocz, A. B.-Z. 1871; — Brücken in der Zweigbahn des Lagers von Chalons, A. B.-Z. 1865). Sie sind im Wesentlichen nach denselben Grundsätzen wie die Strassenbrücken zu bauen. Im Folgenden ist zunächst auf Strassenbrücken gerücksichtigt.

a. Balkenbrücken.

Die einfachste Art der Balkenbrücken (bei durchschn. 6—8m Weite) ist die, bei welcher man die Strassenbalken direkt auf die Pfeiler oder hölzernen Joche legt (Fig. 300). Verringert man die freitragende Länge der Balken durch über die Pfeiler (Joche) gelegte Sattelhölzer und stützt dieselben durch Kopfbänder, so kann man Oeffnungen bis 15m Weite überdecken (Reichenbachbrücke in München bei Bfd.)

Fig. 300.

Die Strassenbalken (durchschn. in 0,75—0,96m Abst. von Mitte zu Mitte und $^{30}/_{30}$—$^{30}/_{36}$zm stark) tragen entweder einen doppelten Belag von 8zm starken kiefernen oder eichenen Bohlen, welche die Fahrbahn bilden, oder auf einfachem 8zm starkem Bohlenbelag die Chaussirung resp. Pflasterung, oder ein Holz-(Klotz-)Pflaster. Zur Trockenhaltung der Strassenbalken werden quer über dieselben, in Zwischenräumen, Brettstücke gelegt, welche der Länge nach liegende, mit Wassernasen versehene Bohlen tragen. (Fig. 301). Auch kann man die Strassenbalken mit Asphaltplatten abdecken, oder eine Lage solcher zwischen die beiden Bohlenbeläge legen. Wölbung der Fahrbahn $^{1}/_{40}$—$^{1}/_{30}$ ihrer Breite.

Fig. 301.

Die Geländer werden bisweilen von Schmiedeeisen, meist von Holz gefertigt. Es ist bei denselben für Steifigkeit gegen seitliche Stösse (Gegenlehnen einer Menschenmenge) zu sorgen (Fig. 302).

Fig. 302.

Bei Spannweiten, wo einfache Strassenbalken nicht mehr genügen, wendet man statt ihrer verzahnte, mit eisernen Zugstangen armirte, oder Laves'sche Träger an. Erscheint auch dies nicht mehr genügend oder ökonomisch, so liegen zu beiden Seiten der Fahrbahn armirte oder gegliederte Hauptträger, welche in 2—5m Entfernung Querträger (Unterzüge) und auf diesen die Strassenbalken und die Fahrbahn tragen.

Gegliederte Balkensysteme. Bei Hängewerken (Fig. 303)

soll der Winkel der Streben mit dem Horizont mindestens 25° betragen. Bei mehr als 2m Höhe des Hängewerks ist seitliche Absteifung erforderlich. Bei 4m und mehr lichter Höhe über der Fahrbahn ist eine Verbindung der beiden Hängewerke oberhalb derselben anzubringen; in diesem Falle kann die Brücke mit einem Dache zum Schutze des Holzwerks versehen werden. Horizontale Windkreuze sind (n. B.) bei Hängewerken von 12m und mehr Spannweite nöthig. Die einfachsten Bogenhängewerke sind die, bei denen die obere Gurtung aus einem (resp. 2 aufeinander gelegten) gebogenen Balken besteht (Pechmann'sches Hängewerk (Fig. 304), ausgef. bis 26m Spannweite). Funk wandte Bögen aus hochkantig nebeneinander gelegten Bohlen, Andere solche aus flach auf einander gelegten Bohlen (System Emy) an. Wenn der Bogen an sich nicht steif genug für schiefe Belastung ist, so sind Diagonalen in die Fache einzusetzen, und es entstehen dann Fachwerkträger. Doch ist das Fachwerk in Holz meist mit horizontalen Gurtungen ausgeführt. Zu erwähnen sind: das Long'sche System (einfach) mit Gurtungen aus je drei nebeneinanderliegenden Balken, Vertikalen und Druckdiagonalen aus je 2 Balken und in jedem Felde Gegenstreben (Fig. 305), ausgeführt bis 63m Spannweite; das Howe-sche System (doppelt) mit dreifachen hölzernen Gurtungen, doppelten desgl. Druckdiagonalen, einfachen desgl. Gegenstreben und eisernen Zugstangen als Vertikalen (Fig. 306, Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Wittenberge mit 53,8m Spannweite).

Fig. 303.

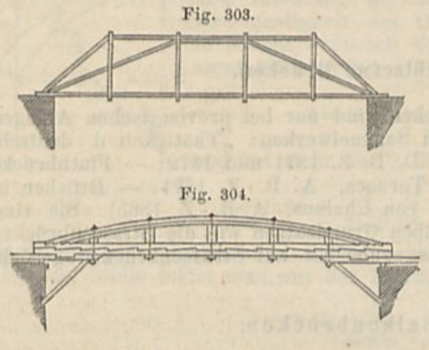


Fig. 304.

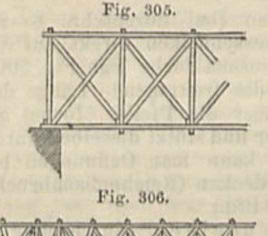


Fig. 305.

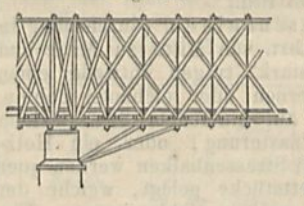


Fig. 306.

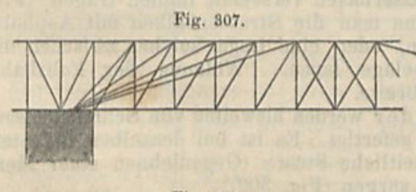


Fig. 307.

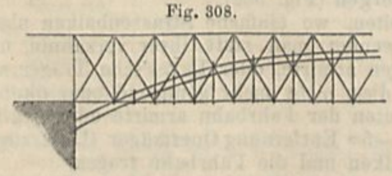


Fig. 308.

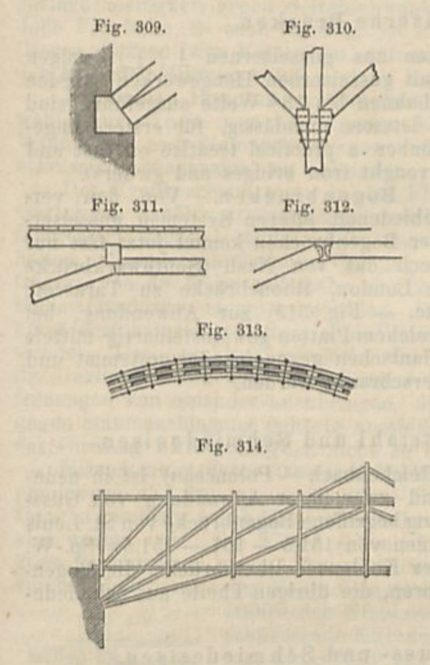
Als vielfaches Fachwerk erscheinen die Town'schen Gitterträger: sich kreuzende diagonal gestellte 0,076m starke, 0,3m breite Bohlen mit oberer und unterer Gurtung aus neben das Gitter gelegten Bohlen (Eisenbahnbrücke in der N. York-Harlem-Bahn mit 53,3m l. W. weiten Oeffnungen).

Auch sind Hängewerke

in Verbindung gebracht mit Fachwerken (Fig. 307), desgleichen Bogenhängewerke (Fig. 308).

b. Gewölbartige Brücken.

Bei Sprengwerksbrücken dürfen die Streben nicht weniger als 25° gegen den Horizont geneigt sein und ihre Fusspunkte vom Wasser nicht berührt werden. Versatzung der Streben gegen die Pfeiler und gegen einander, siehe Fig. 309—312.


Fig. 309. Fig. 310. Fig. 311. Fig. 312. Fig. 313. Fig. 314.

Hölzerne Bögen verschiedener Konstruktion sind vielfach angewandt, wobei man oft gehörige Aussteifung gegen schiefe Belastung vernachlässigte. Will man den Bogen in sich steif machen, so kann man kurze Holzstücke zwischen die Bogenhölzer legen (Fig. 313) oder 2 übereinander liegende Bögen durch Gitterwerk verbinden (Cascadebrücke von Brown, 91,4ᵐ weit, bei Schw.)

Vereinigte Hänge- und Sprengewerke (im Prinzip Fig. 314) hat man bis 119ᵐ Sp.-W. ausgeführt.

Die Endpfeiler (Widerlager aus Mauerwerk sind wie Futtermauern zu behandeln und zu berechnen, ev. unter Berücksichtigung des Horizontalschubes (s. Bd. I pag. 206); diejenigen aus Holz sind Bohlwerke (s. Bd. III pag. 48).

Für die Stärke gemauerter Mittelpfeiler giebt Becker die Formel:

$$0,762 + 0,147\,h\sqrt[3]{\frac{w}{h}}\ \text{Meter},$$

worin h die Pfeilerhöhe, w die Entfernung der Pfeiler von M. zu M. bedeutet. Hölzerne Pfeiler auf eingerammten Pfählen nennt man Joche. Einfachste Form: Jochständer in 0,75—0,9ᵐ Abstand; darauf der Jochholm, der die Strassenbalken trägt. Stärke der Ständer bei 2—10ᵐ Höhe von $^{24}/_{24}$ᶻᵐ bis $^{36}/_{36}$ᶻᵐ wachsend. Ständer sind bei Sand etwa 2ᵐ tief, bei weichem Boden ebenso tief als sie frei stehen, einzurammen. Auf etwa zu befürchtende Auskolkungen ist Rücksicht zu nehmen. Aufgesetzte Joche bestehen aus dem, höchstens bis Niedrigwasser reichenden Grundjoch und dem darauf gesetzten, damit zusammengeschraubten eigentlichen Joch, welches dann leicht reparirt werden kann. Aufgesetzte Joche sind immer, gerammte bei Höhen von 3 bis 5ᵐ mit Zangen und Streben zu umfassen. Statt der aufgesetzten Joche werden bisweilen gusseiserne Säulen angewendet.

Gegen starken Eisgang werden stromaufwärts vor den Jochen 1 bis 3 Reihen Pfähle eingerammt, gegen die Richtung des Stromes

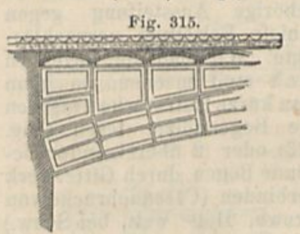
verstrebt und mit einem 1 : 1½ bis 1 : 3 stromaufwärts geneigten, oben scharfkantigen und mit Eisen beschlagenen Holm versehen. Gegen schwachen Eisgang genügt es, die vordersten Jochpfähle $\frac{1}{10}$—$\frac{1}{8}$ gegen das Loth geneigt zu stellen.

3. Eiserne Brücken.

a. Gusseiserne Brücken.

Balkenbrücken. Brücken aus gusseisernen ⊥, ⊔ förmigen und anderen Balken, sowie mit gusseisernen Hängewerken wurden für Strassen bis 18m, für Eisenbahnen bis 13m Weite ausgeführt, sind aber in Deutschland jetzt für letztere unzulässig, für erstere ungewöhnlich (s. B., Hlg., W. Humber a practical treatise on cast and wrought iron bridges and girders).

Fig. 315.



Bogenbrücken. Von den verschiedenen älteren Systemen gusseiserner Bogenbrücken kommt jetzt fast nur noch das von Nash (Southwarkbrücke in London, Rhonebrücke zu Tarascon, etc. — Fig. 315) zur Anwendung, bei welchem Platten gewölbsteinartig mittels Flantschen gegeneinander gestemmt und verschraubt werden.

b. Brücken von Gusstahl und Schmiedeeisen.

Das Röhrenbogensystem (Reichenbach — Polonceau) ist in neuester Zeit weiter entwickelt, und zwar unter Anwendung von Gussstahl: Die noch in der Ausführung begriffene Bogenbrücke von St. Louis über den Mississippi hat 3 Bögen von 151,5 — 157 — 151,5m Sp.-W. Das System ist ähnlich dem der Koblenzer Rheinbrücke, die Bogenrippen bestehen aus Gusstahlröhren, die übrigen Theile aus Schmiedeeisen (D. B. Z. 1869 u. 71).

c. Brücken von Guss- und Schmiedeeisen.

Wegen der geringen Zugfestigkeit des Gusseisens finden sich schon früh Brücken, bei denen nur die gedrückten Theile aus solchem, die gezogenen aus Schmiedeeisen gebildet wurden. Dahin gehören: das System Neville, vervollkommnet durch Warren (Fig. 316, Eisenbahnbr. über den Trent 73,3m Sp.-W.); die Highlevel-Brücke, ein guss- und schmiedeeisernes Bogenhängewerk, 37,5m weit, oben Eisenbahn, unten Strasse (Fig. 317), und verschiedene andere, besonders amerikanische Systeme, unter denen System Fink (Fig. 318) ohne durchgehende untere Gurtung. In Deutschland dürfte keins dieser Systeme jetzt mehr angewandt werden.

Fig. 316.

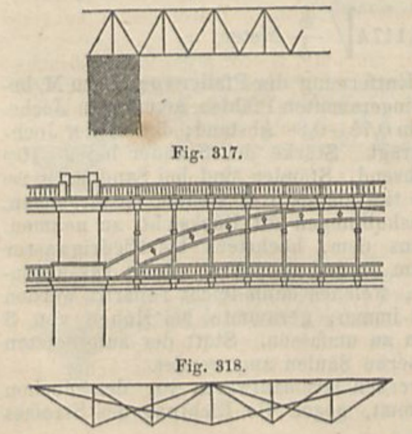


Fig. 317.

Fig. 318.

d. Schmiedeeiserne Brücken.

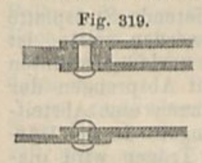
Allgemeines. Nach J. W. Schwedler (Resultate etc. Z. f. B. 1865 p. 331) sind kleine Eisenbahnbrücken in der Regel mit Trägersystemen für jedes Gleis gesondert, grössere mit Trägersystem für zwei Gleise zusammengefasst, auszuführen, da man sonst bei grossen Brücken zu geringe Steifigkeit gegen Seitenschwankungen und Winddruck erhält. Jede Fahrbahn, 2- oder 1gleisig, ist durch nur 2 Haupttragsysteme (Bogen, Balken oder Ketten) zu stützen, von denen jedes die Hälfte der Maximalbelastung trägt.

Die beiden Hauptträger sind durch feste Querverbindungen und wenigstens einen sog. horizontalen Kreuzverband zu einem gegen Winddruck und Seitenschwankungen festen Fachwerksystem (Rechtecke mit 2 Diagonalen) zu verbinden.

Der Kreuzverband muss in der Fläche der unteren oder oberen Gurtungen der Hauptträger liegen und bis an die Auflager der Pfeiler fortgesetzt werden. Anderenfalls muss er besondere Gurtungen erhalten. Kreuzverbände ohne Gurtungen sind fehlerhaft. Bei Hauptträgern von 6m Höhe und mehr sind 2 Kreuzverbände, für jede der beiden Gurtungen einer, anzuordnen. Der Kreuzverband ist mit Spannung einzubringen. Oefters sind Winkeleisen mit Erfolg dazu verwendet. Der Anschluss geschieht durch besondere Hülfsplatten an die Gurtungen und Querverbindungen. Letztere sind in solchen Entfernungen von einander anzubringen, dass sie die gedrückte Gurtung gegen Seitenausbiegung gehörig aussteifen. Die 12- bis 15fache Breite der Gurtung wird womöglich nicht zu überschreiten sein.

Eisenstärken unter 10mm sind bei Eisenbahnbrücken nicht zu empfehlen, unter 6,5mm zu vermeiden. — Die Verbindung der Theile zum Ganzen geschieht durch Niete oder Schraubenbolzen. Die Nietung muss eine warme sein. Die Nieten sollen nicht unter 16mm und nicht über 26mm Durchmesser haben. Die zweckmässigste Stärke für einseitig anzunietende Platten oder Façoneisen (mit einschnittigen Nieten) ist die Hälfte des Nietdurchmessers, für zweiseitig anzuschliessende Eisensorten (bei doppelten Stossplatten, zweischnittigen Nieten), der ganze Nietdurchmesser (Fig. 319). Bei mehrschnittigen Nieten ist eine Schaftlänge des Nietes über 3 Durchmesser nicht zu empfehlen, über 5 Durchmesser zu vermeiden.

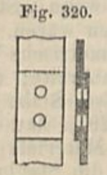
Fig. 319.



Die Niettheilung beträgt bei einfacher Nietung das 2½- bis 3fache auch das 4fache des Durchmessers. Auf den □zm Nietschnitt sind 580—730k, auf den □zm Lochquerschnitt 1100k Druck in max. zu rechnen. Der Druck auf den Lochquerschnitt ist bei dicken Nieten und dünnen Platten allein maassgebend.

Bei einschnittiger Nietung (vgl. D. B. Z. 1867, pag. 451, 463, 472) ist, da sich der Zug (oder Druck) aus einem Blech in das andere nicht geradlinig fortsetzt, an der Nietstelle ein Biegungsmoment, und in Folge dessen eine Vergrösserung der Inanspruchnahme der Niete und eine Tendenz auf Absprengen der Nietköpfe vorhanden. Dies gilt besonders von der einschnittigen einfachen Nietung. Bei der einschnittigen doppelten Nietung (Fig. 320) fällt die Anstrengung der Nietköpfe schon geringer aus.

Fig. 320.



Bei mehrfacher Nietung empfiehlt es sich,

nach den Enden zu, dem abnehmenden Zug entsprechend, die Stabbreite zu verringern, um eine gleichmässige Ausdehnung des Eisens der Stäbe, und so eine möglichst gleichmässige Inanspruchnahme der Niete hervorzubringen.

Die zweckentsprechendste Gestaltung für die Stabenden findet man, wenn man sich um jeden Niet einen Strang von Eisenblech gelegt denkt, dessen Tragfähigkeit der des Nietes entspricht. (Fig. 321—326). Nimmt man die Abscheerungsfestigkeit des Niets gleich der

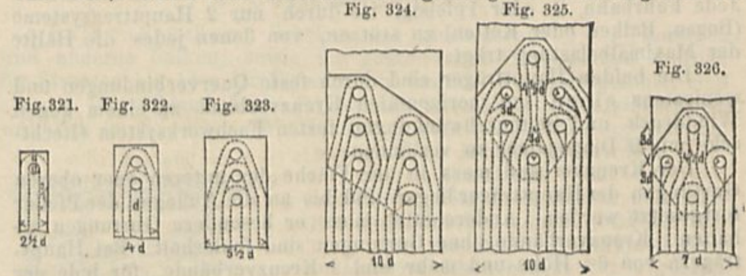


Fig. 321. Fig. 322. Fig. 323. Fig. 324. Fig. 325. Fig. 326.

Tragfähigkeit des Eisens im Stab an, was der grossen, beim Nieten erzeugten Reibung wegen zulässig ist, und setzt den Nietdurchmesser $= d$, die Blechdicke $= \frac{d}{2}$, so muss der Querschnitt des Stranges an jeder Seite des Nietes $= \frac{\pi d^2}{8}$, und seine Breite $= \frac{\pi d}{4}$ oder annähernd $= \frac{3}{4} d$ sein. Hieraus folgen die in den Figuren eingeschriebenen Maasse, und man hat allgemein bei n Nieten die Stabbreite

$$= \left(1 + \frac{3n}{2}\right) d$$

Die Gruppirung der Niete ist so anzuordnen, dass die Stränge möglichst wenig nach der Seite gekrümmt sind.

Wenn 2 Bleche durch eine einschnittig anzunietende Stossplatte verbunden werden sollen, ist wegen der vorhin erwähnten Tendenz auf Absprengen der Nietköpfe immer eine Absteifung anzubringen In den Gurtungen der Träger wird dieselbe meist durch die Winkeleisen bewirkt.

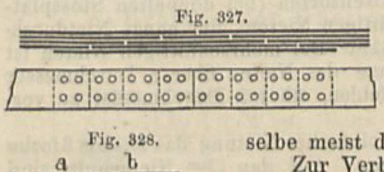


Fig. 327.

Fig. 328.

Zur Verbindung mehrer übereinander liegender Bleche an derselben Stelle wird die einfache Stossverbindung in der Weise wiederholt angewandt, wie Fig. 327 zeigt.

Wenn ein durchgehendes Blech zwischen den zu stossenden Blechen und der Stossplatte liegt, so muss man letzterer doppelte Länge und Nietzahl geben, derart, als wenn 2 Stösse bei a und b (Fig. 328) vorhanden wären.

Fig. 329.

Von Wichtigkeit ist die symmetrische Vertheilung der Niete auf der Stabbreite; denn eine Stossplatte, an welcher zwei Stäbe unsymmetrisch angreifen (Fig. 329), hat eine grössere Inanspruchnahme des Materials auszuhalten, als wenn das über die Stabbreite

überstehende Stück fehlte. Bezeichnet k die Spannung pro □Einheit des Querschnitts der Stäbe und k_1 die grösste Spannung in der Stossplatte, ferner m das Verhältniss $\frac{b_1}{b}$ der beiden Breiten, so

$$\text{wird } \frac{k_1}{k} = 1 \quad \text{für } m = 1$$

$$\text{„ } \frac{k_1}{k} = 1{,}28 \text{ „ } m = {}^5\!/_4$$

$$\text{„ } \frac{k_1}{k} = 1{,}33 \text{ „ } m = {}^3\!/_2$$

Der Werth $m = {}^3\!/_2$ ist derjenige, bei welchem $\frac{k_1}{k}$ ein Maximum wird.

Die zentrale Belastung des Materials der Stäbe soll 730^k pro □^{zm} nicht übersteigen, bei Schwellenträgern und kleineren Brücken etwas weniger betragen. Gedrückte Stäbe sind bei diesem Druck nur auf die 12fache Länge ihrer kleinsten Breite frei anzuordnen; wenn sie an den Enden mit stärkeren Gruppen fest verbunden sind, höchstens bis zur 24fachen kleinsten Dimension; ev. muss eine Verminderung der Belastung oder Vermehrung des Querschnittes eintreten.

Wegen des Rostens ist möglichst geringe Oberfläche (starke Eisensorten) vortheilhaft; Wassersäcke und enge Zwischenräume zwischen den Eisentheilen sind zu vermeiden. Dem Anstrich muss eine Reinigung des Eisens durch Beizen, Scheuern und Waschen mit Kalkwasser vorhergehen. Eine Erneuerung des Anstrichs wird in je 3 bis 4 Jahren erforderlich.

Fahrbahn der Strassenbrücken. Bei Strassenbrücken wendet man zur Konstruktion der Fahrbahn (Dr. Fränkel, Konstruktion von Fahrbahnen, Z. f. B. 1868, und J. W. Schwedler Oderbrücken in Breslau, Z. f. B. 1868) folgende Konstruktionen an:

a. doppelten Bohlenbelag aus je 8^{zm} starken Bohlen, bei schweren Lasten der untere Belag 10—13^{zm} stark. (Die Dauer von Belägen beträgt 3—15 Jahre; auf der Kölner Rhein-Brücke hat sich Buchenholz am besten gehalten);

b) einfachen Bohlenbelag mit 15—20^{zm} starker Chaussirung darüber;

c) gusseiserne Platten aus ⊥förmigen Elementen, $^1\!/_{10}$ — $^1\!/_{12}$ ihrer Spannweite hoch, deren Unterfläche zweckmässig nach unten gekrümmt wird (Unterspreebrücke in Berlin, Z. f. B. 1866);

d) gewölbte Kappen, 0,9—2^m weit, $^1\!/_2$ — 1 Stein stark aus Ziegeln zwischen Querträgern, über den Kappen 5^{zm} Beton, 1^{zm} Zement, 22^{zm} Chaussirung;

e) Eisen-Wellenblech (8^{zm} Wellenhöhe, 5—6^{mm} Stärke), darüber Asphalt, dann Kies. (Bei galvanisch mit dünner Zinkschicht überzogenem Blech ist die Asphaltschicht nicht nöthig);

f) flache Tonnengewölbe aus Eisenblech, 1^m weit, mit 12^{zm} Pfeil;

g) schmiedeeiserne Buckelplatten, meist quadratisch, rings vernietet, bald nach oben, bald nach unten konkav, darüber Beton, Asphaltschicht, dann Kies, Chaussirung oder Pflaster. (Eine rings vernietete Platte von 6^{mm} Stärke und 91^{zm} Seite, nach oben konkav, mit 4,4^{zm} Pfeil, bricht erst unter 18^T konzentrirt im Scheitel);

h) gusseiserne Zellenplatten 5,2^{zm} hoch, Wände 5^{mm}, Boden 6,6^{mm} dick, Zellen mit Sand oder Beton ausgefüllt.

Zur näherungsweisen Berechnung des Fahrbahngewichts eiserner Strassenbrücken (excl. der Hauptträger und des Haupthorizontalverbandes) giebt Dr. Fränkel folgende Formeln:

Konstruktionsart.	Durchschnittl. Beschotterungshöhe. Zentimeter.	Fahrbahngew. pr. □m bei bm Fahrbahnbreite Kilogr.
Mit Ziegelgewölben	20	722 + 10b
„ Blechgewölben	15	635 + 10b
„ Gussplatten	20	561 + 10b
„ Wellblech	15	520 + 10b
„ Buckelplatten	15	486 bis 469 + 10b
„ Bohlenbelag	15	437 bis 434 + 10b
„ Zellenplatten	4,5	184 + 10b

Fahrbahn der Eisenbahnbrücken. Bei kleinen Balkenbrücken bis 10 auch 15m Spannweite und unbeschränkter Konstruktionshöhe liegen gewöhnlich die Hauptträger in ca. 2m Entfernung von einander und tragen direkt die hölzernen Querschwellen des Gleises. Doch werden die Fahrschienen auch unmittelbar auf den Hauptträgern mittels Unterlags- und Klemmplatten befestigt.

Bei grösseren Brücken und beschränkter Konstruktionshöhe wird die Last des Gleises durch Querträger auf die Hauptträger übertragen. (Die Querträger erhalten bei eingleisigen Brücken mit 4m Abstand der Hauptträger in der Regel nicht unter 0,67m, bei zweigleisigen Brücken mit 8m Abstand der Hauptträger nicht unter 1m Höhe). Bei sehr geringer Konstruktionshöhe werden die Schienen unmittelbar auf den (dann in höchstens 1m Abstand angeordneten) Querträgern befestigt (Fig. 330, oder mit Differentialschrauben Fig. 331, s. D. B. Z. 1871 p. 267).

Fig. 330.

Fig. 331.

Bei grösserer Konstruktionshöhe werden Längs- (Schwellen-) Träger zwischen oder über die Querträger gelegt, auf welche dann gewöhnlich hölzerne Querschwellen ($^{23}/_{26}$ zm stark) zu liegen kommen, welche die Schienen tragen.

Auf den erwähnten Längsträgern befestigt man wiederum auch die Schienen unmittelbar (Preuss. Ostbahn, Niederschl.-Märk. Eisenbahn, Französ. Nordbahn).

Ein Vortheil der ununterbrochenen Unterstützung der Schienen durch Schienenträger ist, dass man in der Vertheilung der Schienenstösse auf der Brücke unabhängiger ist.

Die Länge der Längsträger ist = 2, 3 oder 4m. Bei 3 und 4m freier Länge ist eine Verbindung und Absteifung der Träger unter sich in der Mitte nöthig; desgl. bei 4m ein besonderer Kreuzverband unter den Schwellenträgern, wenn nicht eine Verbindung mit dem Hauptkreuzverband der Brücke möglich wird.

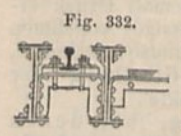
Quer- und Längsträger sind meist Blechbalken, doch auch Gitterbalken.

Die Abdeckung der Fahrbahn geschieht in Deutschland meist durch 0,05 — 0,08m starke Bohlen, auf den Hannov. und einigen anderen Bahnen auch durch dicht nebeneinander gelegte, an den Enden mittels darüber gestreckter Bordbalken verbundene Schwellen von der Stärke

der Bahnschwellen. In England und Frankreich erhalten die Eisenbahnbrücken fast immer Kiesbedeckung.

Systeme und Konstruktion der Hauptträger. Balken, die nur auf 2 Stützpunkten ruhen, nennt man Einzelbalken.

Fig. 332.

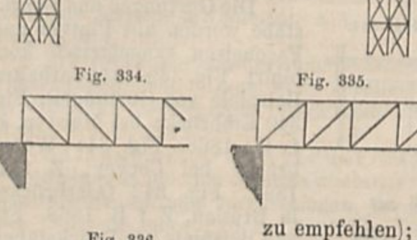


Gewalzte, massive Balken zur direkten Unterstützung der Schienen (bei beschränkter Konstruktionshöhe 2 pro Schiene, ähnlich wie Fig. 332) werden bis 5m Weite empfohlen.

Genietete Blechbalken werden im Allgemeinen bis 10m Sp.-W. angewandt. Bei niedrigen Balkenhöhen (1/10 der Sp.-W. oder niedriger) sind sie noch für grössere Weiten vortheilhaft. Sie sind durch vertikale Winkel- oder ⊥ Eisen an den Lastpunkten auszusteifen.

Gitterbrücken werden jetzt fast nur mit grossen Maschen (entsprechend den Lastpunkten) und Stäben von verschiedener Stärke konstruirt; dabei oft ohne Vertikalen. (System Ruppert, s. Hlg. — Lahnbrücke zu Oberlahnstein, s. Hartwich, Erweiterungsbauten d. Rh. E. — Maasbrücke zu Roermond, s. A. B. Z. 1868 u. 69), ohne dass sich besondere Uebelstände bemerkbar machten. Doch erleichtern die Vertikalen die Befestigung der Querträger, vertheilen die Last auf die oberen und unteren Knotenpunkte, geben dem Doppelsystem direkte, einheitliche Verbindung und werden deshalb von Schwedler empfohlen. Die Druckstreben bestehen aus ∟, ⊥, oder ⊔ Eisen.

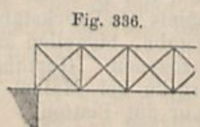
Fig. 333.



Bei Fachwerk wird der Raum zwischen den Gurtungen durch Stäbe in Dreiecke zerlegt: System Warren (Fig. 333 — Crumlin-Viadukt s. Humber's practical treatise etc.); Parallelträger mit gedrückten Vertikalen und gezogenen Diagonalen (Fig. 334, am meisten verbreitet); desgl. mit gedrückten Diagonalen und gezogenen Vertikalen (Fig. 335, nicht zu empfehlen); Verbindung der beiden letzten Systeme (Fig. 336 — Flackenseebrücke, Z. f. B. 1859). Vortheile der Parallelträger: Einfachheit der Anfertigung, Möglichkeit eines vollständigen oberen Horizontalverbandes bei grossen Brücken.

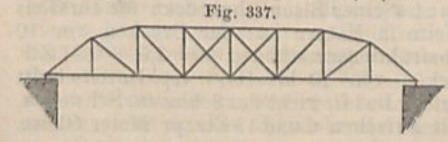
Fig. 334. Fig. 335.

Fig. 336.



Systeme mit einer oder 2 gekrümmten Gurtungen: Parabelbalken (Gurtungen im Querschnitt gleichmässiger als bei Parallelträgern, Diagonalen nur für schiefe Belastung nöthig, Zusammenführung der Gurtungen am Auflager schwierig); System Pauli, aus der Bedingung hergeleitet, dass bei voller Belastung alle Theile der gekrümmten Gurtung (Gurtungen) gleiche Spannung haben, (Isarbrücke bei Grosshesselohe, A. B. Z. 1859. — Rheinbrücke bei Mainz, Beschr. ders. Mainz 1863); Schwedler-sche Balken (Fig. 337), obere Gurtung des im mittleren Theil parallelen Trä-

Fig. 337.



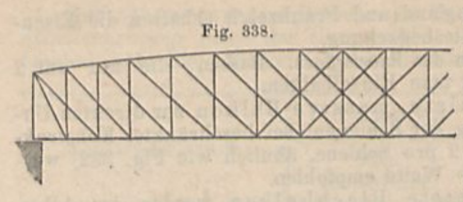


Fig. 338.

gers polygonartig nach den Auflagern hinabgeführt, doch so, dass die Diagonalen auch bei schiefer Belastung niemals Druck erhalten (mässiges Abnehmen der Gurtungsquerschnitte, günstige Gestaltung der Knotenpunkte).

Träger mit einer gekrümmten Gurtung, bei denen jedoch die Endvertikalen nicht = 0 werden (Fig. 338, Leckbrücke bei Kuilenburg, s. Hlg. — Elbbrücke bei Meissen, Z. f. B. 1868. — Rheinbrücke bei Düsseldorf, Z. f. B. 1872); Verfielfachungen der meisten genannten Systeme (Weserbrücke bei Höxter, Z. f. B. 1867. — Elbbrücke bei Hämerten, Z. f. B. 1868); Träger, bei denen die Aussteifung gegen schiefe Belastung nur in den beiden gekrümmten, am Auflager zusammengeführten, 3,14^{m} hohen Gurtungen liegt (Elbbrücke bei Hamburg, s. Hlg.).

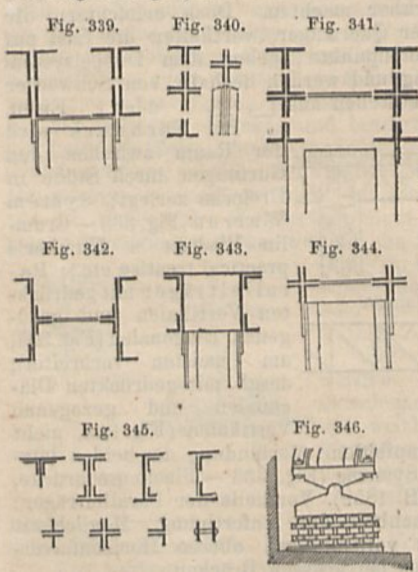


Fig. 339. Fig. 340. Fig. 341. Fig. 342. Fig. 343. Fig. 344. Fig. 345. Fig. 346.

Die Höhen der Hauptträger als Bruchtheil der Spannweite ausgedrückt, sollen betragen: bei Parallelträgern $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{7}$, meist $\frac{1}{10}$; bei gekrümmten Gurtungen $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{5}$, meist $\frac{1}{8}$. Nach Grüttefien (D. B. Z. 1872 p. 252) sind womöglich grössere Höhen anzuwenden.

Die Gurtungen und Druckstäbe werden aus Platten und Façoneisen symmetrisch kombinirt. Fig. 339—344 enthalten Beispiele von Gurtungen: Fig. 340 Elbbrücke bei Meissen, Z. f. B. 1868. Fig. 341 Weserbrücke bei Corvey, Z. f. B. 1867. Fig. 342 Oderbrücken in Breslau, Z. f. B. 1868. Fig. 345 Beispiele von Druckstäben. Die Zugstäbe, bisweilen auch die gezogenen Gurtungen (Rheinbrücke bei Mainz) bestehen nur aus Platten.

Die Auflager bestehen bei kleinen Brücken aus Gussplatten mit Rändern, eins fest, das andere verschieblich; bei grösseren Brücken (etwa von 20^{m} Sp.-W. an) aus Roll- oder Pendellagern auf der verschieblichen Seite. Temperaturausdehnung des Schmiedeeisens in max. 0,001 der Länge (bei 70° C. Temperaturdifferenz). Bei grösseren Konstruktionen ist die Last mittels Halbzylinder auf die Lagerplatten zu übertragen (Fig. 346).

Das Gewicht des Eisens einer Eisenbahnbrücke für ein Gleis beträgt, wenn l die lichte Weite in Metern ist: für Brücken von 10 bis 60^{m} unter günstigen Konstruktionsumständen $p = 7{,}5 + 0{,}5\,l$ Ztr. Eisen pro Meter.; für Brücken von 10 bis 100^{m} im Durchschnitt $p = 8 + 0{,}6\,l$ Ztr. Eisen pr. Meter. Das Gewicht der Schienen, Schwellen, Bohlen und Geländer wechselt zwischen 6 und 15 Ztr. pr. Meter Gleise.

Kontinuirliche Träger mit parallelen Gurtungen ergeben den Parallel-Einzelträgern gegenüber zwar eine Materialersparniss (nach Winkler bei Weiten von bezw. 10, 50, 100, 150^{m} etwa 4, 11, 21, 26 Prozent), doch lassen sich Einzelträger mit gekrümmten Gurtungen ebenso leicht und billig herstellen. Die Kontinuität gewährt zwar bisweilen Vortheile bei der Aufstellung, erfordert aber schwer zu erreichende Sorgfalt der Ausführung, ist daher nach Schwedler möglichst zu vermeiden, während Andere sie gern anwenden.

Die kontinuirlichen Balken sind meist Blech- oder Gitterbalken mit parallelen Gurtungen.

Günstigstes Verhältniss zwischen den Weiten der einzelnen Oeffnungen nach Winkler für 3 Oeffnungen: 7:8:7, für 4 Oeffnungen 9:10:10:9.

Bei der Ausführung sind die Stützpunkte mit grösster Sorgfalt in die der Rechnung zum Grunde gelegte Höhenlage zu bringen. Die Fundirung der Pfeiler muss möglichst sicher sein, damit nicht ungleichmässige Senkung eintritt. Durch geringe absichtliche Senkung der Mittelstützen kann man theoretisch Vortheile erlangen; doch ist nicht bekannt, dass dies praktisch durchgeführt wäre.

Die Aufstellung erfolgt meist durch Ueberschieben über sämmtliche Oeffnungen von einem Ufer aus. (Rheinbrücke bei Waldshut, A. B. Z. 1862. — Saane-Viadukt bei Freiburg, Z. f. B. 1862. — Donaubrücke bei Stadlau, A. B. Z. 1870. — Aufsatz von Nördling, A. p. c. 1870. — Iglawa-Viadukt, A. B. Z. 1870.)

Bisweilen gestaltet man die untere Begrenzung der Träger bogenförmig, um gefälligeres Aussehen und grössere Höhe der Träger über den Stützen, wo die grössten Momente sind, zu erzielen. (Brücke über die Avenue d'Aumesnil, A. p. c. 1867. — Jaxtbrücke bei Domeneck, A. B. Z. 1868.)

Bei verhältnissmässig kleinen Seitenöffnungen entsteht negativer Endauflagerdruck. Dann wird Verankerung der Trägerenden an den Widerlagern nothwendig. (Bahnüberbrückungen der Halle - Sorauer Bahn, Z. f. B. 1872.)

Balken mit freiliegenden Stützpunkten. Um dieselben Vortheile wie bei den kontinuirlichen Trägern, ohne deren Nachtheile zu gewinnen, hat man vorgeschlagen, die Einzelträger der ersten, dritten etc. Oeffnung einer Brücke über die Zwischenpfeiler hinaus zu verlängern und auf ihren frei überstehenden Enden Stützpunkte für Einzelbalken von geringerer Spannweite zu gewinnen (Gerber's Patent, Z. d. Bayr. A.- u. I.-V. 1870). Ausgeführt ist nach diesem System bis jetzt, so weit bekannt, nur die Mainbrücke zu Hassfurt.

Ueber Widerlager, Flügel und Zwischenpfeiler gilt das bei steinernen und hölzernen Brücken Gesagte.

Eiserne Zwischenpfeiler. Bei Strassen- und Eisenbahnüberbrückungen dienen oft gusseiserne Säulen unter kontinuirlichen Trägern als Zwischenpfeiler. Dann hat man durch schmale Keile, Halbzylinder, oder bei breiten Brücken (2- und mehrgleisigen) durch Kugelscharniere an den Lagern dafür zu sorgen, dass die Säulen der Ausdehnung und Zusammenziehung des eisernen Ueberbaues pendelartig folgen können und den Druck stets zentral empfangen. An diesen Lagern sind Justirungskeile anzubringen, um die Mittelstützen bei etwa eingetretener Senkung wieder anzuheben (Bahnüberbrückung der Halle - Sorauer Bahn, Z. f. B. 1872). Man kann die Säulen auch aus 1^{zm} starkem Eisenblech nach Art der Krahnsäulen zusammennieten, dann werden die Scharnierlager eher entbehrlich.

Bisweilen stellt man stabile Stützen für Einzelträger durch

Kuppelung mehrer gusseiserner Säulen, auch durch Zusammennietung von Winkeleisen zu fachwerkartigen Gerüsten her (Rheinbrücke bei Mainz, Mainbrücke bei Frankfurt, Hlg.).

Grössere Brückenpfeiler im Wasser sind vielfach aus gusseisernen Röhren von 2—3ᵐ Durchmesser gebildet worden, die bis zum festen Baugrunde versenkt und mit Beton oder Mauerwerk ausgefüllt wurden. (Missouribrücke zu Leavenworth, Kansas, Railroad Gazette 24. 6. 1872. Pfeiler 37ᵐ über dem Baugrund, 28ᵐ über dem Flussbett, wohl bisher die höchsten der Art.)

Pfeiler aus massiv schmiedeeisernen oder hohlen gusseisernen Zylindern, am Fuss mit Mitchell'scher Schraube, mit der sie in den Boden geschraubt werden, sind besonders geeignet bei losem Boden, doch überall mit Ausnahme festen Gesteins anwendbar (Etschbrücke in Verona, Civ. Eng. and Archit. Journ. 1867; jeder Pfeiler besteht aus 2 massiven, schmiedeeisernen, 0,20ᵐ starken Säulen, welche 3ᵐ tief in das Flussbett geschraubt sind).

Bei hohen Viadukten (1 gleisig über 22ᵐ, 2 gleisig über 28ᵐ) werden zweckmässig ganz eiserne Pfeiler, die nur steinerne Sockel haben, angewendet. Bei einigen älteren Viadukten (Sitter- und Glatt-Viadukt, Hlg.) bestehen diese Pfeiler aus einem gusseisernen Rahmenwerk, ebenso früh und bis in die neueste Zeit aus gusseisernen Röhren mit schmiedeeiserner Vergitterung (Crumlin, Hlg. — Freiburg, Z. f. B. 1863. — Iglawa, A. B. Z. 1870). Die Anzahl der Röhren für jeden Pfeiler hat nach und nach abgenommen. Bei Crumlin hatte jeder Pfeiler 14 Röhren (Säulen), bei Freiburg 12, bei Busseau d'Ahun und La Cère 8, Iglawa 4. Nur 4 Säulen für jeden Pfeiler und 2 Träger, auch für 2gleisige Viadukte, empfiehlt Nördling in seinem Aufsatz, A. B. Z. 1868, 1869.

Als Anhalt zur generellen Veranschlagung ganz eiserner Viadukte nach dem □ᵐ Ansichtsfläche (Fläche zwischen Schienenunterkante und Thalprofil) diene folgende Tabelle:

Nummer.	Bezeichnung der Brücke	Grösste Länge (in Metern)	Grösste Höhe (in Metern)	Erbaut im Jahre	Ansichtsfläche, □ Meter	Kosten im Ganzen (Mark)	Kosten pr. □ᵐ Ansichtsfl. (Mark)	Bemerkungen.
1.	Saane bei Freiburg	383	79	1862	23160	1920000	82,8	2 gleisig Z. f. B. 1863
2.	Busseau d'Ahun	339	—	1864—65	11956	1162800	97,2	2 gleisig A. B. Z. 1868, 69
3.	Iglawa	409	44	1870	14500	1191000	82,2	1 gleisig A. B. Z. 1870
4.	Sitter	201	—	1853—56	8586	728000	84,6	1 gleisig Nördling A. B. Z. 1868, 69
5.	La Cère	308	—	1864—65	10026	618400	61,5	1 gleisig Nördling A. B. Z. 1868, 69

Bogenbrücken. Die erste grössere schmiedeeiserne Bogenbrücke war die Arcolebrücke zu Paris, 1854 und 55 von Oudry erbaut

(Hlg. u. A. B. Z. 1855), mit 80m Sp.-W., rot. 1/13 Pfeil, die untere Bogengurtung als gekrümmte Blechträger gebildet, in den Bogenzwickeln Dreieckaussteifung. Die Bögen sind mit ganzer Höhe stumpf gegen die Widerlager gestemmt, die obere horizontale Gurtung ist im Mauerwerk verankert. Konstruktionshöhe im Scheitel nur 0,395m. Hierdurch war zu geringe Steifigkeit bei schiefer Belastung geboten. Aehnlich ist die Lahnbrücke in Ems (Z. f. B. 1865) mit nahe 1/14 Pfeil und die Theisbrücke bei Szegedin (Z. f. B. 1861 und A. p. c. 1859) mit rot. 1/8 Pfeil auf gusseisernen Röhrenpfeilern konstruirt; ähnlich auch die Aarbrücke bei Olten (Bfd., B., Hlg.) mit 1/6 Pfeil, doch ohne Dreiecke in den Zwickeln, die Steifigkeit also nur in den Blechbögen beruhend.

Damit die Temperaturausdehnung des Eisens keine Spannungen in den Bögen hervorrufe, und um den angreifenden Kräften eine bestimmte Richtung vorzuschreiben und in Folge dessen sicherer und sparsamer konstruiren zu können, erhalten die Bogenträger Scharniere an den Kämpfern und im Scheitel (Unterspreebrücke, Z. f. B. 1866), oder nur an den Kämpfern; letzteres bei der Eisenbahnbrücke über den Kanal von St. Denis (Hlg. und Z. f. B. 1862) und bei der Rheinbrücke zu Koblenz (Z. f. B. 1864).

Bei Scharnieren an den Kämpfern und im Scheitel ist ganz besondere Sorgfalt auf die Stabilität der Pfeiler zu verwenden, da dieselben hier sämmtliche in der Konstruktion auftretende Horizontalkräfte effektiv aufzunehmen haben, während Bögen ohne Scharniere (ähnlich den hintermauerten Gewölben) Verspannung der Pfeiler im horizontalen Sinne bewirken, wenn solche auch in den statischen Berechnungen nicht berücksichtigt zu werden pflegt.

Nach Schwedler ist im Allgemeinen die Kostenersparniss bei Bogenbrücken gegen Balkenbrücken nur bedeutend, wenn die Anordnung der Widerlager durch die Lokalität begünstigt wird und Konstruktionshöhe reichlich vorhanden ist.

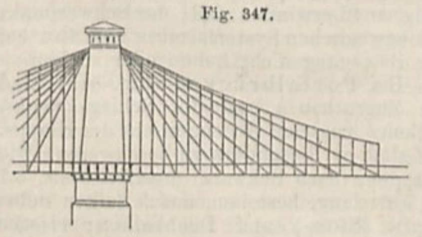
Hängebrücken. Zur Ueberbrückung der grössten Spannweiten sind die Ketten- und Drahtbrücken in Anwendung gekommen:

Niagarabrücke von Röbling	250m
Ohiobrücke bei Wheeling	308m
Niagarabrücke von Serrel	317m
Ohiobrücke in Cincinnati	322m
Drahtbrücke über die Niagarafälle	385m
East River-Brücke in New-York	518m

Bei den ältesten Hängebrücken hing die Fahrbahn nur mittels vertikaler Hängestangen an den Trageketten, also ohne Versteifung gegen schiefe Belastung. Solche ist dann versucht durch:

a) Kombination eines Gitter- oder Fachwerkträgers (bisweilen auch nur des so ausgebildeten Geländers) mit der Hängebrücke. (Eisenbahnbrücke über den Niagara, Schw.; Berechnung s. Ritter's elem. Theorie eis. Dach- und Brückenkonstr. 3. Aufl. 1873, auch D. B. Z. 1869 p. 408).

Fig. 347.

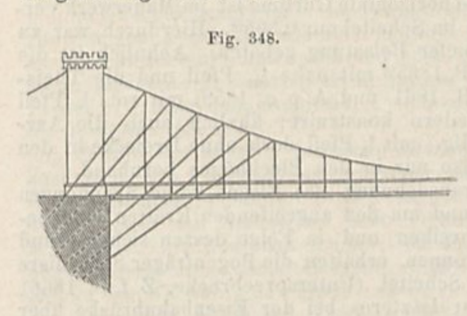


b) Führung verschieden geneigter Seile von den Auflagerpunkten der Haupttrageketten nach den einzelnen Lastpunkten der Fahrbahn (Fig. 347). (Ohiobrücke in Cincinnati und East River Brücke, Hlg.).

c) Wenn man an diese geneigten Seile (Zugstangen)

die ganze Last der Fahrbahn-Hauptträger anhängt, entsteht das sog. System Ordish. (Franz Josephsbrücke in Prag, Albertbrücke in Chelsea. Engineering 1872 und D. B. Z. 1872).

Fig. 348.



d) Dergleichen Seile von den Pfeilern (Widerlagern) aus nach den Trageketten (Fig. 348, Schw.).

e) Zwei parallele Ketten übereinander, deren Zwischenraum durch Dreiecksysteme ausgefüllt wird. (Brücken von Schnirch in Wien, Schw.)

f) Ausfüllung der Zwickel zwischen Kette (Drahtseil) und Fahrbahn durch Dreiecksysteme (Lambethbrücke in London von Barlow, Hlg. und A. B. Z. 1866).

Das in Betreff der Zweckmässigkeit von 2 oder 3 Scharnieren, an den Auflagern und im Scheitel, bei Bogenbrücken Gesagte gilt auch bei Hängebrücken (Aufs. v. Köpke, Z. d. A.- u. I.-V. zu Hann. 1861).

Die einzige bis jetzt ausgeführte feste Hängebrücke mit 3 Scharnieren ist (soweit bekannt) die Fussgängerbrücke über den Main zu Frankfurt a. M. von Schmick (Hlg.).

Zur Verminderung der Seitenschwankungen dient Aufhängung der Kabel und Hängeeisen in (etwa 1 : 7) gegen das Loth geneigten Ebenen, so dass die Ketten an den Auflagern weiter von einander abstehen als im Scheitel der Brücke.

Nach Schwedler sind richtig konstruirte feste Hängebrücken bis 100^{m} Sp.-W. wegen der Rückhaltketten theurer als Balkenbrücken und kommen erst in Frage bei Spannweiten, wo Balkenbrücken nicht mehr ausführbar sind.

B. Bewegliche Brücken.

Nach der Art der Bewegung unterscheidet man:

1. Klappbrücken.

Fig. 349.

Brücken, deren bewegliche Theile (Klappen) um eine horizontale Axe gedreht werden. Es muss hierbei möglichst in allen Lagen Gleichgewicht vorhanden sein, damit nur die passiven Widerstände (Reibung) zu überwinden sind; der Schwerpunkt des beweglichen Systems muss sich also bei der Bewegung nicht heben oder senken.

Bei Portalbrücken (Fig. 349) sind die Zugruthen *a* und die Schlag- (Senk-) Balken *b* zugleich Gegengewicht der Klappe. Sie sind ev. besonders zu beschweren. Die Klappen, (nach Schwarz) 3—$4{,}7^{m}$ breit, 4,7 bis $7{,}8^{m}$ lang, bestehen, aus 5 Balken nebst Kopf- (Stoss-) und Drehbalken; eiserne

Bänder verbinden die beiden letzteren mit jenen 5 Balken. Für den Angriff der Zugketten dient besser ein besonderer Unterzug unter den Balken. Der Drehpunkt der Klappen liegt am besten in der Höhe der Oberkante des Bohlenbelages. Ist eine weite Oeffnung erforderlich, so werden 2 sich gegenüberstehende Klappen angeordnet, deren freies Ende, herabgelassen, mittels zweier besonderer Ketten an den Portalen hängt, oder besser durch 2 oder 3 Streben von unten gestützt wird. (Portalbrücke über die Oder bei Schwedt, 10,2^{m} resp. 10,67^{m} weit, Z. f. B. 1857. Storm Buysing Waterbouwkunde).

Werden die Ketten über Rollen an den Portalen geführt und an ihren anderen Enden Gegengewichte angebracht, so nennt man die Brücken vorzugsweise Zugbrücken (übliche Anordnung bei Festungsbrücken). Vorkehrungen sind zu treffen, damit die Gegengewichte stets mit der Klappe im Gleichgewicht bleiben.

Wenn die Balken der Klappe über die horizontal durchgehende Drehaxe verlängert sind und so das Gegenwicht der Klappe bilden, so nennt man die Brücken Wippbrücken. Die Drehaxe liegt hierbei unter den Balken, es ist also eine bewegliche Bohle mit Scharnier im Belage über der Drehaxe nöthig. Bei gut abbalanzirten Brücken ist keine besondere Bewegungsvorrichtung erforderlich, oft findet man jedoch Zahnquadranten mit Vorgelegen. (Schw. — Hölzerne Wippbrücke über den Berliner Schiffahrtskanal, Z. f. B. 1852, — eiserne (Königin Augusta - Brücke) über denselben, Z. f. B. 1870).

Wenn nur für den Durchgang der Masten von Schiffen zu sorgen ist, so werden in sonst fester Brücke 1—1,25^{m} breite, um horizontale Axen drehbare Klappen, Mastenklappen, ohne Gegengewicht angebracht.

2. Drehbrücken.

Brücken mit Drehung um eine vertikale Axe. Die Vortheile derselben bestehen darin, dass die Brückenbahn nicht gehoben zu werden braucht und eine sichere Unterstützung der geschlossenen Brücke leicht zu erreichen ist. Die Träger des beweglichen Theiles sind bei Holz: (armirte) Balken; bei Eisen: gusseiserne Balken, Gitter-, Fachwerk- oder Blechträger.

Man überdeckt entweder zwei gleiche Oeffnungen (gleicharmige Drehbrücke) oder nur eine Offnung (ungleicharmige Drehbrücke); in letzterem Falle schwebt der kurze, durch Gegengewichte beschwerte Arm über dem Drehpfeiler.

Die ältere Art der Unterstützung erfolgt auf dem Drehpfeiler sowohl im geschlossenen, wie offenen Zustand durch einen ungefähr die Brückenbreite zum Durchmesser habenden Rollkranz, an den beiden Enden durch bewegliche Auflager, welche vor dem Oeffnen gesenkt werden. Der Rollkranz hat viel Reibung, ist komplizirt und unterstützt die Brücke nicht immer zweifellos sicher. Daher wendet man statt seiner besser 2 Laufräder an. (Alte Berliner Verb.-Bahn, Z. f. B. 1860). Bei grossen Brücken dürfen die Rollen oder Räder im geschlossenen Zustand nicht tragen. Schwedler (Drehbrücke ohne Rollkranz, Z. f. B. 1871) entlastet sie daher und lässt die Brücke sich auf ein auf dem Drehpfeiler befindliches festes Lager auflegen. Das eine Endlager ist dann auch fest, das andere beweglich. Beim Oeffnen der Brücke wird dieses gelöst, das frei werdende (etwas schwerere) Ende der Brücke senkt sich, die Brücke kippt um den

Drehzapfen und hebt sich von den beiden festen Lagern. Die Bewegung wird begrenzt durch ein in der Brückenaxe zwischen dem Drehzapfen und dem beweglichen Auflager befindliches Laufrad, während 2 mit Tragfedern (wie Wagenräder) versehene Laufräder an den Seiten ein Kippen der Brücke verhindern.

Die Feststellung geschieht bei den älteren Brücken meist durch senkrecht stehende Schrauben, doch auch durch exzentrische, auf einer horizontalen Axe sitzende Scheiben, oder keilförmige Schubriegel, oder Kniehebel. Der Bedingung, dass die beim Heben der Brücke aufzuwendende Kraft eine gleichmässige sein soll, während die zu hebende Last mit dem Wege wächst, ist bei einigen dieser Vorrichtungen mehr oder weniger entsprochen, dagegen war nirgend ein Gegengewicht für den Auflagerdruck des zu hebenden Brückentheiles geschaffen. Dies ist zuerst bei der Drehbrücke über die Parnitz von Schwedler geschehen (Z. f. B. 1871, p. 200), wo der Arbeiter nur die passiven Widerstände zu überwinden hat; der gehobenen Brücke werden hier besondere Auflagerstützen untergestellt, so dass der Hebemechanismus nicht zu tragen hat.

Die Bewegung der Drehbrücken geschieht meist durch einen auf dem Drehpfeiler befestigten Zahnkranz und Getriebe mit senkrechter Axe. Ist das Laufrad stark belastet, so genügt seine Reibung zur Bewegung der Brücke, und es ist nur ein Zahnrad auf der Axe des Laufrades erforderlich, in welches das Getriebe eingreift.

In England benutzt man an Stellen, wo hydraulische Kraft disponibel ist, diese sowohl zum Lösen als zum Drehen der Drehbrücken; die Lösung einarmiger Brücken geschieht dann oft dadurch, dass man den Drehzapfen und somit die ganze Brücke etwas hebt. Der etwas leichtere, kurze Arm trägt an seinem Ende 2 Rollen, die unter einen Vorsprung im Mauerwerk greifen und so das Ueberkippen der Brücke hindern.

Die grössten Drehbrücken sind: die Brücke über die Penfeld in Brest (Strassenbr.), lichte Oeffnung 106^{m}, durch 2 einarmige Drehbrücken überdeckt (Z. f. B. 1863); Eisenbahndrehbrücke über die Ouse bei Goole (Hull-Doncaster), gleicharmig über 2 Oeffnungen von je 31^{m} l. W., hydraulische Maschinerie (Berl. Arch. Wochenbl. 1867 p. 359).

Bei den sog. Krahnbrücken ist jede Schiene durch einen Träger unterstützt, der sich um eine, am einen Ende befindliche Axe dreht, so dass beide Schienen sich beim Aufdrehen flach neben einander legen. Dabei sind als horizontale Querverbindungen nur Stangen möglich, die zu einer durch die Mitten der beiden Drehaxen gezogenen Horizontalen parallel sind.

In Amerika wird die Aufhängung der freien Enden der Träger durch schräge Zugstangen bewirkt. (Z. f. B. 1862 p. 385). In Holland sind die Schienenträger meist in Form von Krahnauslegern gebildet (Drehbrücke über den Georgsfehn-Kanal von 7,174^{m} Sp.-W., Z. d. A.- u. I.-V. zu Hann. 1872).

3. Hubbrücken.

Brücken, deren Fahrbahn senkrecht gehoben wird, um Schiffe (meist ohne Masten) durchzulassen, heissen Hubbrücken.

Es werden hierbei entweder unter den 4 Ecken der zu hebenden Fahrbahn vertikal nach unten hängende Stützen angebracht, an deren Enden Ketten angreifen, die sich auf Rollen unter der Fahrbahn aufwickeln, oder an den 4 Ecken der Fahrbahn stehen Thürme (oben

mit Rollen), in deren Innerem die dem Gewicht der Fahrbahn entsprechenden Gegengewichte hängen.

Aufgeführt soll eine Hubbrücke in Strassburg sein (B.).

4. Rollbrücken.

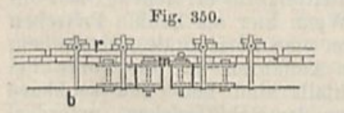
Brücken, deren Fahrbahn horizontal verschoben wird, heissen Rollbrücken. Um das Verschieben zu ermöglichen, ist entweder eine Klappe, welche gesenkt wird, zwischen dem hinteren Ende der Brücke und der festen Fahrbahn angebracht, oder es erfolgt eine seitliche (schräge) Verschiebung der Brücke, oder eine geringe Hebung derselben, so dass sie auf den, in der festen Fahrbahn befindlichen Rollen, oder auf den Schienen der Eisenbahn, deren Theil sie bildet, zurückgeschoben werden kann. Letztere Art ist durch Armstrong viel ausgeführt und zwar mittels Hebung durch 2, ziemlich unter dem Schwerpunkt der Brücke stehende hydraulische Zylinder, deren Kolben Rollen tragen; an dem freien (etwas leichteren) Ende der Brücke ist ein Horn angebracht, welches unter einen Mauerabsatz fasst und das nöthige Aufkippen der Brücke veranlasst; horizontale, unter der Brücke liegende Zylinder veranlassen die Verschiebung.

5. Schiffbrücken.

Bei Schiffbrücken liegt die Fahrbahn auf Schiffen (bisweilen Flössen), die stromauf mit dem Stromanker, oft auch stromab mit dem Windanker verankert werden. In den Schiffen stehen ein oder zwei Jochwände zum Tragen der Fahrbahn. Hölzerne Schiffe haben entweder ganz ebenen, oder vorn und hinten aufgebogenen Boden und sind an beiden Enden am besten spitzbogig gestaltet, die Seitenwände etwas geneigt. Schiffe aus Eisenblech (Mannheim) können leicht eine zur Theilung des Wassers noch mehr geeignete Form erhalten. Maasse bei der Mainzer und Koblenzer Schiffbrücke: Länge 15^m, Breite unten $2{,}7^m$, oben 3^m, Höhe $1{,}2^m$ (anderweit $1{,}44^m$), Breite der Fahrbahn $6{,}6^m$.

Auf den Jochwänden liegen die Strassenbalken, die den an beiden Seiten durch Saumschwellen festgehaltenen Bohlenbelag tragen. Je 2 oder 3 Schiffe werden durch die Strassenbalken zu einem Gliede fest verbunden. Der Abstand der Schiffe ist nach der Last zu bestimmen, die sie bei der grössten zulässigen Eintauchung tragen sollen (Mainz: Länge der Glieder $23{,}7^m$, Abstand der 3 Schiffe eines Gliedes $8{,}7^m$, — Eintauchung z. B. $0{,}55^m$ bei $1{,}44^m$ Höhe der Schiffe). Glieder zu 2 Schiffen werden meist mit einem, solche zu 3 Schiffen meist mit 2 Stromankern festgelegt, bei grossen Flüssen kommt für jedes Glied noch ein Windanker hinzu. Die Verbindung der Fahrbahnen zweier Glieder (Fig. 350) geschieht durch die, einen Theil der Saumschwellen darstellenden Röddelbalken (r), 4 Röddelbänder (b) nebst Keilen, gewöhnlich noch mit Verbindungsplatten (m).

Fig. 350.



Die Ufer-Rampen, welche die Schiffbrücke mit den Ufern verbinden, dürfen bei irgend einem Wasserstande nicht steiler als 1 : 18 sein. Die Unterstützung der Rampen geschieht durch eingerammte oder in Schiffen stehende Bockgerüste. An denselben hängen die Unterzüge der Rampen entweder in Schraubenspindeln, oder sie ruhen auf Durchsteckbolzen.

Die Hebung und Senkung wird dann durch Zugwinden bewirkt. Die Verbindung der Rampen mit den Mittelgliedern erfolgt durch Röddelbalken, die ein Scharnier haben und mit den Rampen fest verschraubt sind.

Die Oeffnung der Schiffbrücken geschieht, indem man einzelne Glieder stromabwärts hinablässt und unterhalb der Brücke durch Steuerruder seitwärts bewegt. Flusschiffe von mittlerer Grösse erfordern eine Oeffnung von 11 — 12^m, Dampfschiffe eine solche von mindestens 13,5—14^m Weite; für erstere ist oft nur eins, für letztere sind 2, für Holzflösse 3 Brückenschiffe auszufahren.

Schiffbrücke für Eisenbahnverkehr über den Rhein bei Maxau (A. p. c. 1860).

C. Fähren.

Fähren sind Fahrzeuge, welche ihre Ladung an einem Ufer aufnehmen und mit derselben auf einer, durch Führungen genau vorgeschriebenen Linie zum anderen Ufer hinüberschwimmen. Nach der Art der Führung unterscheidet man:

1. Pendelartig schwingende Fähren.

Fähren, welche pendelartig um einen stromauf versenkten Anker schwingen. Die Entfernung desselben vom Schiffe beträgt ¾ bis 2mal der Flussbreite. Die Kraft zum Hinübertreiben der Fähre bietet die Strömung (wozu in grösseren Flüssen nach Schw. mindestens 0,6^m Geschwindigkeit erforderlich ist), gegen welche die Fähre in eine geeignete (schräge) Stellung gebracht wird. Die Ankerkette wird in etwa 40^m Entfernung durch sog. Buchtnachen unterstützt.

Fähren aus 2 Schiffen, über die eine Brückenbahn gelegt ist, nennt man fliegende Brücken. Sie landen mit der breiten Seite der Schiffe, von denen jedes vorn 1 Mast trägt, die beide zu einem Portal verbunden sind, über welches die Ankerkette (Gierkette) nach einer Winde am hinteren Ende der Brücke geht. Die schräge Stellung gegen den Strom wird durch Steuerruder bewirkt.

Fähren, welche aus einem Fahrzeug bestehen,, auf dessen flachem Boden sich die überzusetzenden Personen oder Fuhrwerke aufstellen, heissen fliegende Fähren oder Gierponten. An jeder Seite des Schiffes in der Mitte der Länge befindet sich ein Mast, die beide oben verbunden sind und von denen der stromauf stehende die Gierkette trägt. Die schräge Stellung des Schiffes wird durch eine an der Gierkette befestigte Zaum- oder Brittelkette erreicht Die Ponten landen mit der schmalen Seite. Wenn hier am Schiffe Pritschen (Klappen) angebracht sind, die sich um eine horizontale Axe drehen, so ist bei flach geböschten Ufern das Auffahren auf die Ponte bei jedem Wasserstande möglich. Andernfalls sind heb- und senkbare Landungsbrücken (ähnlich den Rampen der Schiffbrücken) erforderlich, oder feste hölzerne Rampen, die auf dem geneigten Ufer verschoben werden.

2. Seilfähren.

Wenn die Fähre an einem quer über den Fluss gespannten Fährseil hinübergleitet, so kann die treibende Kraft sein:

a) die Strömung. Das Schiff hängt schräg gegen den Strom an einer auf dem Fährseil gleitenden losen Rolle;

b) Arbeiter, welche an dem über der Fähre selbst zwischen Rollen geführten Fährseil ziehen;

c) ein Mechanismus aus Rädern und Vorgelegen, durch Arbeiter in Bewegung gesetzt;

d) Dampfkraft, welche Seilscheiben in Bewegung setzt, um die das Fährseil geschlungen ist.

Das bedeutendste Beispiel dieser Art ist die Trajektanstalt der Rheinischen Eisenbahn bei Rheinhausen. Ueber diese, sowie die älteren Dampffähren s. den Aufs. v. Hartwich, Z. f. B. 1867, auch „Hartwich Erweiterungsbauten d. Rh. E.“

Dampfschiffe, die frei, ohne Führung zirkuliren, um Fuhrwerke oder Eisenbahnwagen überzusetzen, haben ähnliche Vorrichtungen zum Auf- und Abfahren der Wagen wie die eigentlichen Fähren. Man sehe: Fähranstalt bei Lauenburg (Z. d. A.- u. I.-V. zu Hann. Bd. XII); Trajektanstalt Homberg-Ruhrort, mit vertikaler Hebung der Wagen durch hydraulische Kraft (Z. f. B. 1857).

C.

DER ERDBAU.

Bearbeitet von H. Oberbeck, Reg.- und Baurath in Berlin.
(Mit Benutzung von Henz's prakt. Anleitung zum Erdbau, 2. Aufl. herausgegeben v. Streckert.)

I. Vorarbeiten.

1. Bodenuntersuchungen.

Festigkeit, Durchlässigkeit und Quellengehalt des Bodens, sowie die Mächtigkeit und das Streichen der Schichten, welche abgetragen oder mit einer Dammschüttung belastet werden sollen, bilden den Gegenstand der erforderlichen Bodenuntersuchungen. Tiefere Ausgrabungen und Versuchsschächte, welche thunlichst für die späteren Arbeiten nutzbar anzulegen sind, verdienen den Vorzug vor Bohrversuchen. Letztere sind in weicheren Erdarten mit Löffelbohrern von mindestens 0,1^{m} Durchmesser — bei losem Material in Röhren — auszuführen. Festeres Gestein ist vor Anwendung des Löffelbohrers durch Meisselbohrer mit schwerem Gestänge zu durchstossen. Die Resultate sind in Längen- und Querprofilen darzustellen. In der Erläuterung dazu sind etwaige Spuren früherer Bodenbewegungen, die sich gewöhnlich am oberen Rande der Abhänge zeigen, besonders hervorzuheben.

Grundsätze für die Benutzung der Bodenuntersuchungen.

1) Wird eine stärker geneigte Rutschfläche (Thon, Letten) oder eine unterirdische Mulde von der Bahnlinie so durchschnitten, dass

auf eine Störung des Gleichgewichtes zu rechnen ist, so ist eine Verlegung der Linie wünschenswerth. Eventuell ist für möglichste Trockenlegung und Entlastung der Rutschflächen zu sorgen.

2) Einschnitte in brauchbarem Material (Bausteine, Kies, Mauersand) sind thunlichst zu vertiefen, in schlechtem Schüttboden (Letten, Moor, Triebsand) thunlichst flach zu halten.

3) Dammschüttungen auf sehr kompressiblem Boden sind möglichst zu umgehen. Liegt über einem Torfmoor eine feste Sandschicht, so kann man ohne Gefahr einen h^{m} hohen Damm darauf schütten, wenn die Mächtigkeit der Sandschicht mindestens

$$\left(1+\frac{h}{2}\right)^{m}$$

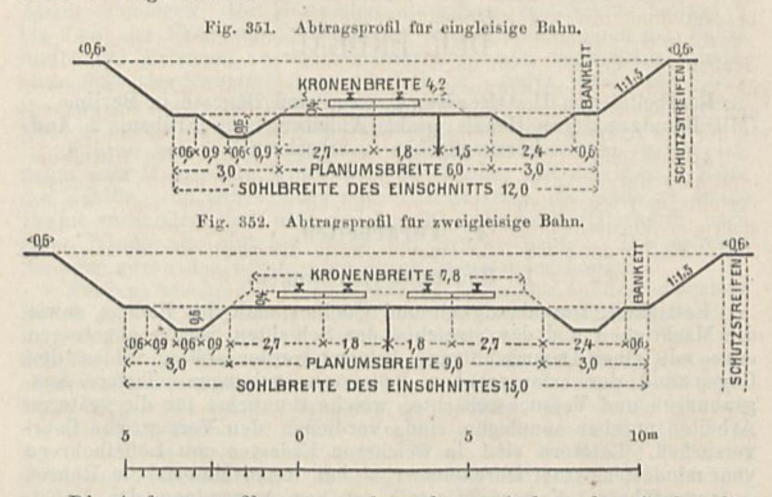
beträgt.

2. Normalprofile und Abweichungen davon.

Für Chausseen siehe den folgenden Abschnitt. Geringste zulässige Maasse für Normalprofile von Eisenbahnen siehe den Abschnitt Eisenbahnbau. Als Durchschnittsmaasse, wie sie bei den Eisenbahnen bisher am häufigsten angewendet sind, können die Maasse der in Fig. 351 und 352 dargestellten Normalprofile gelten. Für die Grabenbanketts ist dabei die tiefste zulässige Lage in Höhe des Unterbau-Planums angenommen.

Fig. 351. Abtragsprofil für eingleisige Bahn.

Fig. 352. Abtragsprofil für zweigleisige Bahn.



Die Auftragsprofile entsprechen dem zwischen den Gräben liegenden Theil der Abtragsprofile, wenn die inneren Grabenböschungen verlängert gedacht werden. Bei der Ausführung erhält das Planum von der Mittellinie der zweigleisigen Bahn aus Quergefälle von 1 : 25. Durch Erhebung der Scheitellinie um $0{,}1^{m}$ über die normale Planumshöhe wird die Abweichung von der berechneten Querschnittsfläche annähernd ausgeglichen.

Formeln für die Querschnittsflächen bei einer Auf- oder Abtragshöhe von h^{m} und horizontaler Terrainlinie in $\square^{m}$ sind:

für eingleisigen Auftrag $1{,}5 . h(h+4)$

„ zweigleisigen „ $1{,}5 . h(h+6)$

für eingleisigen Abtrag excl. Gräben $1{,}5 . h (h + 8)$
„ zweigleisigen „ „ „ $1{,}5 . h (h + 10)$
für einen normalen Einschnittsgraben 0,9□m,
für einen Graben von 0,6m Sohlbreite und t m Tiefe $1{,}5 . t (t + 0{,}4)$.

Hiernach sind Querschnittstabellen zu berechnen, am einfachsten durch Bildung und Addition der Differenzreihen, z. B.

Auftragshöhe h	=	0	1	2	3	4	5m...
Querschnitt $1{,}5 . h (h + 4)$	=	0	7,5	18,0	31,5	48,0	67,5...
Differenz $(3h + 7{,}5)$	=	7,5	10,5	13,5	16,5	19,5	22,5...

Die letzte Reihe hat die konstante Differenz 3, kann daher leicht beliebig weit fortgeführt werden. In der Querschnittsreihe wird jedes folgende Glied aus dem vorigen durch Hinzurechnung der darunter stehenden Differenz gefunden. Analog für die Zunahme von h um 0,1 resp. 0,01m.

Abweichungen vom Normalprofil.

1) Wenn die Einschnittsgräben stärkeres Längengefälle erhalten als das Planum, so verbreitert sich in Folge der von t auf $(t + x)$ vermehrten Grabentiefe das Abtragsprofil auf jeder Seite um $3x$ m. Es kommt daher ausser der Vergrösserung der Grabenquerschnitte noch pro m Abtragshöhe eine Zusatzfläche von $6x$□m in Ansatz.

2) Die Grabenbankets können bei Einschnitten bis zu 1m Tiefe wegbleiben, bei tieferen Einschnitten, falls Boden überflüssig ist, bis zu 1m Höhe über Planum hinaufgezogen werden. Die Abzugsfläche beträgt dann pro m der Höhendifferenz 1,2□m.

3) In Gerölle oder weichem Tagegestein werden die Einschnitts- und Grabenböschungen nur um das $1\frac{1}{4}$- bis 1fache, in festem Gestein nur um das $\frac{1}{2}$—$\frac{1}{4}$fache ihrer Höhe dossirt. Bei Letzterem sind die Bankets neben den Gräben wegzulassen und dafür ev. in derjenigen Höhe anzulegen, in der die flachere Dossirung der oberen Erdschichten beginnt.

4) Bei Quergefälle des Terrains ist zu jeder Seite der Mittellinie innerhalb der in Anspruch genommenen Breite ein mittleres Neigungsverhältniss $1 : m$ festzustellen, am einfachsten mittels einer durchsichtigen Hornschablone mit aufgezeichneten Neigungslinien. (Fig. 353, 354). Es ist dann für jede einzelne Seite die positive oder negative

Fig. 353.

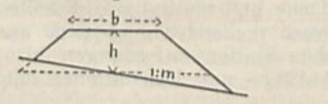
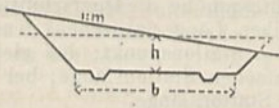


Fig. 354.



Differenz gegen den normalen Querschnitt zu berechnen, und zwar die zuzusetzende nach der Formel

$$\frac{1}{2m - 3} \left(\frac{b + 3h}{2}\right)^2$$

die abzuziehende nach der Formel

$$\frac{1}{2m + 3} \left(\frac{b + 3h}{2}\right)^2$$

Bei gleichmässig durch das ganze Profil durchgehendem Quergefälle können, sobald $m > 20$ wird, Zusatz und Abzug als einander aufhebend angesehen werden, also unberücksichtigt bleiben. Für den Ausdruck

$$\left(\frac{b + 3h}{2}\right)^2$$

empfiehlt sich die Berechnung einer Tabelle.

3. Massenberechnung.

Näherungsmethoden (s. Deutsche Bauz. 1868, S. 370). Die Berechnung nach dem zur mittleren Höhe

$$\frac{h+h_1}{2}$$

gehörigen Querschnitt ergiebt die Masse um

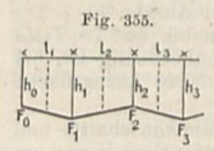
$$\frac{(h-h_1)^2 . l}{8}$$

zu klein. Die Mittelung der zu h und h_1 gehörigen Querschnittsflächen F und F_1 ergiebt die Masse um

$$\frac{(h-h_1)^2 . l}{4}$$

zu gross. Der Fehler wächst also in beiden Fällen mit dem Quadrat der Höhendifferenz und kann durch Einschaltung einer Zwischenstation auf den vierten Theil reduzirt werden. Er ist bei der ersten Methode stets nur halb so gross wie bei der zweiten. Trotzdem wird letztere allgemeiner angewandt, da sie für die Veranschlagung etwas reichlichere Vordersätze liefert und der Auflockerung des gewachsenen Bodens, sowie dem Sackmaass der Dammschüttungen einigermaassen Rechnung trägt. Behufs leichterer Berechnung ist (Fig. 355) die Summe

Fig. 355.



$$\frac{F_0+F_1}{2}\,l_1+\frac{F_1+F_2}{2}\,l_2+\frac{F_2+F_3}{2}\,l_3+\ldots$$

zu zerlegen in

$$\frac{F_0\,l_1}{2}+F_1\,\frac{l_1+l_2}{2}+F_2\,\frac{l_2+l_3}{2}+\ldots$$

wonach die Methode lautet: Man suche zu jeder gegebenen Auf- oder Abtragshöhe die Querschnittsfläche und multiplizire dieselbe mit der halben Länge zwischen dem vorhergehenden und dem nächstfolgenden Stationspunkt; bei gleichen Stationsentfernungen also mit der einfachen Stationslänge, bei Anfangs- und Endstationen mit der halben Stationslänge.

Formular zur Massenberechnung.

	Station		Höhe		Tiefe des Grabens		Querschnittsfläche					Länge des Erdkörpers	Kubikinhalt	
							des Abtrags				des Auftrags			
							bis zum Planum	aus dem Graben		im Ganzen				
	der eingleis. Bahn	der zweigleis. Bahn	des Abtrags	des Auftrags	links	rechts		links	rechts				des Abtrags	des Auftrags
	No.	No.	m	m	m	m	□m	□m	□m	□m	□m	m	kbm	kbm
a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	*k*	*l*	*m*	*n*	*o*	*p*

Rubrik *a* dient für Ansätze zur Emittelung der Querschnittsflächen *h* und *m* oder der Kubikinhalte *o* und *p*, sobald die regulären Werthe einen Zusatz oder Abzug erleiden. Hierher gehören:

1) die oben aufgeführten Abweichungen vom Normalprofil;

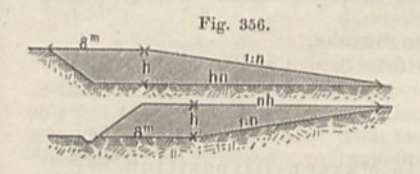
2) die Vermehrung der Abtragsquerschnitte durch Senkung des Planums um 0,3m, wenn dasselbe in strengem Lehm oder Thon liegt (cf. S. 166). Der Zusatz beträgt bei eingleisigem Abtrag 1,9□m, bei zweigleisigem 2,8□m;

3) die Aussparung der Böschungsbekleidung, wenn in dem betreffenden Arbeitsabschnitt kein Mutterboden zu gewinnen ist. Bei 0,25m horizontaler Breite der Bekleidung ist pro m Auf- oder Abtragshöhe 0,5□m zu rechnen, ebenso viel bei jedem Graben pro m Tiefe;

4) die Querschnitte anzuschüttender oder auszuhebender Parallelwege;

5) die Inhalte von Ueberwegsrampen. Ist der Weg ursprünglich horizontal und bezeichnet (Fig. 356):

Fig. 356.



h die Rampenhöhe bis zur Schienenoberkante, resp. bis zur unteren Fläche des etwa aufzubringenden Befestigungsmaterials,

b die Kronenbreite der Rampen in der Höhe *h*,

so gilt für den Inhalt der beiderseitigen Rampen zusammen unter Annahme der nebenskizzirten Verhältnisse die Näherungsformel

$$M = h\,(h + b)(nh + 13)$$

welche im Vergleich zu dem Genauigkeitsgrad der sonstigen Massenberechnung als genau betrachtet werden kann;

6) die Abzüge für Bauwerke in einer Dammschüttung, überschläglich nach einem mittleren Querschnitt (incl. Oeffnungen) und einer mittleren Länge zu berechnen.

Die Trennung der Rubriken *b* und *c* dient zur leichteren Unterscheidung der ein- und zweigleisigen Strecken, falls solche mit einander wechseln.

Nach Ausfüllung der Rubriken *o* und *p* sind in denselben durch Horizontalstriche, unabhängig von der zufälligen Seitentheilung, bestimmte Gruppen abzutheilen, welche abwechselnd vorwiegend Auftrags- und vorwiegend Abtrags-Massen enthalten. Innerhalb jeder Gruppe sind die Summen zu bilden.

4. Massen-Disposition.

(Formular, rechtsseitig an das vorige anzuschliessen.)

Vom Abtrag zum Auftrag <50m weit zu bewegen	Ausserdem zu transportiren				Seitwärts	
	vom Abtrage		zum Auftrage			
	Gesammt-Massen	Einzel-Massen	Gesammt-Massen	Einzel-Massen	zu ent-nehmen	aus-zu-setzen
kbm	kbm	kbm	kbm	kbm	kbm	kbm
q	*r*	*s*	*t*	*u*	*v*	*w*

Die Gruppentheilstriche unter o und p sind durch die Rubriken q bis w hindurch zu verlängern. Innerhalb der einzelnen Gruppen ist jedesmal die kleinere der beiden Summen o und p unter q einzutragen, der Ueberschuss der grösseren Summe dagegen auf derselben Linie unter r oder t, und zwar da, wo annähernd der Schwerpunkt der Massen liegt. Ebenso müssen die durch Zerlegung gebildeten Einzelmassen unter s und u durch ihre Stelle die Schwerpunktslage und damit, soweit Auf- und Abtragsmassen einander entsprechen, die Transportweite andeuten. Will man die Auflockerung des Abtrags berücksichtigen, so sind die Abtragsmassen um einen gewissen Prozentsatz (s. S. 164) grösser anzunehmen als sie aus der Massenberechnung resultiren. Die Einzelmassen, für welche sich bei der Zerlegung keine Deckung ergiebt, sind auf derselben Linie noch einmal unter v resp. w einzuschreiben. Bei der Kontrol-Addition der Rubriken n bis w müssen die Schluss-Summen in folgenden Beziehungen zu einander stehen:

1) n = Länge der ganzen Strecke,
2) $o = (q + r)$ und $p = (q + t)$,
3) $r = s$ und $t = u$,
4) $r + v = t + w$.

Grundsätze für die Massen-Disposition.

1) Der zur Dammschüttung ungeeignete Abtragsboden und der zu Schneedämmen (s. Seite 166) unbedingt erforderliche Boden ist von vornherein als Seitenaussatz auszuscheiden.

2) Der übrige Abtragsboden soll sich möglichst mit der erforderlichen Auftragsmasse decken und als solche Verwendung finden, falls nicht behufs Zeit- oder Kostenersparniss trotz der entgegenstehenden wirthschaftlichen Interessen partieller Seitenaussatz und gleichzeitige Seitenentnahme geboten erscheint. Hierüber entscheidet eine vergleichende Kostenberechnung, bei der die vortheilhafteste Ausnutzung des seitlichen Terrains in Betracht zu ziehen ist. In dem einfachsten Fall einer fortlaufenden Parallelbank oder Parallelausschachtung mit Böschungen 1 : 1,5 ist die vortheilhafteste Höhe h derselben bedingt durch

m die pro lfd. ^{m} auszusetzende, resp. zu entnehmende Masse in kb^m,
p_1 die (bei verschiedenen Transportweiten variable) Zunahme des Transportpreises eines kb^m Boden pro Station von 50^m, und
p_2 den Preis eines □^{m} Grundfläche. (S. Deutsche Bztg. 1869, S. 49).

Wird 1 : 25 als stärkste vortheilhaft anzuwendende Steigung der Fahrbahn und pro ^{m} Steigung eine Vermehrung der Transportweite um 25^m angenommen, so ergiebt sich,

$$\text{falls } p_2 > \frac{mp_1}{3} \text{ ist: } h = \sqrt{\frac{2m}{3}}, \text{ d. h. so gross als möglich,}$$

$$\text{falls } p_2 < \frac{mp_1}{3} \text{ ist: } h = \sqrt{\frac{2p_2}{p_1}}, \text{ jedoch nicht } < 0{,}2\sqrt{m}$$

und die zu erwerbende Grundfläche pro lfd. ^{m}

$$f = \left(\frac{m}{h} + 1{,}5h\right) \square^m$$

Jedenfalls ist bei der Wahl der Seitenaussatz- und Entnahme-Stellen besonderer Werth auf eine günstige relative Höhenlage der-

selben gegen die entsprechenden Bodenmassen des Bahnkörpers zu legen.

3) Transport gegen die Steigung des Planums ist thunlichst zu vermeiden.

4) Es sind genügend lange Angriffslinien vorzusehen.

5) Transporte über grössere Bauwerke (Flussbrücken, Viadukte) hinüber sind nur im Nothfall und soweit es die Bauzeit gestattet, anzunehmen.

6) Unter Beachtung vorstehender Regeln sind die Transportsektionen so abzugrenzen, dass das Gesammt-Arbeitsmoment für den Transport, dem die Kosten annähernd proportional sind, ein Minimum wird. Dies ergiebt sich am einfachsten aus dem Massen-Nivellement (s. Culmann Graphostatik), dessen Ordinaten jedesmal die algebraische Summe aller ermittelten Massen vom Anfangspunkt der Bahnstrecke an darstellen, wobei die Abträge als vorhandene Massen positiv, die Aufträge als fehlende Massen negativ in Ansatz kommen.

Fig. 357.

Die Anfangs-Ordinate (Fig. 357) ist demgemäss = 0 und die End-Ordinate bezeichnet jedesmal dasjenige Bodenquantum, das innerhalb der zurückgelegten Strecke keine Deckung findet. Die Eminenzwerthe der Ordinaten (Berghöhen und Thaltiefen) treffen in den Wechsel zwischen Auf- und Abtrag und stellen den Betrag je zweier einander deckenden Massen dar, deren durchschnittliche Transportweite gleich der mittleren Breite des Berges resp. Thales ist. Durch die (mittels Planimeter zu messenden) Querschnittsflächen der einzelnen Berge und Thäler werden daher die Arbeitsmomente (Masse × Transportweite) gemessen, deren Summe ein Minimum werden soll. Denkt man die Horizontale um dy höher oder tiefer gerückt, so beträgt die entsprechende Zu- oder Abnahme der Gesammtfläche

$$dF = dy\,(l_1 - l_2 + l_3 - l_4 + l_5 \ldots)$$

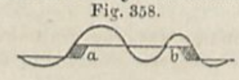
$$\frac{dF}{dy} = (\text{Sa. der Thalbasen}) - (\text{Sa. der Bergbasen})$$

F wird Minimum, wenn

$$\frac{dF}{dy} = 0$$

also die Sa. der Thalbasen = der Sa. der Bergbasen wird. Durch die Verrückung der Horizontale verändert sich aber das Quantum der überflüssigen resp. fehlenden Massen, und es werden durch deren Seitenaussatz und Seitenentnahme neue Transportarbeiten erfordert. Diese sind analog durch Querschnittsflächen zu messen, deren Höhe den Massen und deren Breite den Transportweiten entspricht. Jeder Seitenaussatz nimmt also ein Stück links abfallendes Gehänge in Anspruch und bedingt, dass die horizontale Abgleichungslinie von da ab höher verlegt wird. Jede Seitenentnahme deckt ein Stück rechts abfallendes Gehänge und bedingt eine entsprechende Tieferverlegung der Abgleichungslinie (Fig. 358). Ergeben die hiernach modifizirten Querschnitte in Sa. ein Minimum, so bezeichnen die einzelnen Schnittpunkte des Profils die vortheilhaftesten Grenzen der Transportsektionen, innerhalb deren eine Ausgleichung stattfindet.

Fig. 358.



II. Ausführung.

1. Transport des Bodens.

Die hauptsächlichsten Transportmittel sind:

1) Schiebekarren. Raddurchmesser zweckmässig = 0,4m. Kasten nach oben und hinten erweitert und so weit nach vorn übergebaut, dass mindestens ¾ der Ladung auf dem Rade lastet. Kasten von Pappel oder Weiden; Gestell, Radkranz und Nabe von Eschen oder Eichen; Speichen von Buchenholz. Ladungsfähigkeit = $\frac{1}{15}$ kbm leichtesten gewachsenen Bodens. Preis incl. 9k schweren Beschlag 11—12 Mark. Ueber Bremsvorrichtungen an Schiebekarren s. Ztschr. d. A.- u. I.-V. zu Hann. 1855, S. 203. — Karrbohlen dazu nicht unter 20zm breit; eichene oder büchene nicht unter 5zm, kieferne lieber 9—12zm stark.

2) Handkippkarren. Raddurchmesser und Spurweite zweckmässig = 1,1m. Axe unter der Mitte des Kastens, der bis zu 45° aufkippen kann und sich nach oben erweitert. Zum Kasten leichtere Holzarten, zum Gestell Eichen- oder Buchenholz. Ladungsfähigkeit = ⅙ kbm leichtesten gewachsenen Bodens. Preis incl. 60k schweren Beschlag 72—90 Mark. — Karrbohlen dazu nicht unter 25zm breit, eichene oder büchene nicht unter 8zm, kieferne lieber 9—12zm stark. Vortheilhaft statt dessen gewalzte Spurrinnen von 13zm Spurbreite mit 2zm hohen Seitenrändern; Preis derselben bei 10k Gewicht pro lfd m 2 bis 2,5 Mark. Auch flach gelegte Bahnschienen sind ähnlich verwendbar; neue Schienen leiden jedoch dabei sehr.

3) Pferdekarren, ev. 3 à ⅓ kbm oder besser 2 à ½ kbm Ladungsfähigkeit zusammengekuppelt. Letztere Sorte mit ca. 1,2m Spurweite. Vorderkarre mit Scheere. Bei Gefällen von 1 : 50 oder darüber mit Bremsen zu versehen, übrigens wie Handkippkarren konstruirt. Preis 90—120 Mark. Karrbohlen bis 30zm breit, 10—12zm stark, alle 2—2,5m durch Querschwellen unterstützt, mit denen sie überschnitten und verkeilt werden. An den Innenkanten Spurleisten, 8 zu 10zm stark, aufgenagelt, oder wieder eiserne Rinnen.

4) Kippwagen auf Schienenbahnen mit Pferdebetrieb. Vorkipper im Allgemeinen weniger vortheilhaft als Seitenkipper oder Universalkipper. Ladungsfähigkeit 2 kbm. Preis 300—450 Mark. Transportgleise aus alten Vignolschienen von ca. 25k Gewicht pro lfd. m; Rückfahrtgleise aus Grubenschienen von ca. 10k Gewicht pro lfd. m.

5) Eisenbahnwagen mit Lokomotivbetrieb.

Arbeitszeit und erforderliche Arbeitskräfte.

Bei den Transportarten 1—3 bietet folgende, aus Erfahrungssätzen hergeleitete Tabelle einen Anhalt für die überschlägliche Berechnung. (s. D. Bztg. 1871, S. 9).

Zu 1). Bei schwerem Lehm- und Thonboden, besonders in nassem Zustande, sind durchschnittlich $\frac{1}{10}$, bei Felsen ⅕ der obigen Anzahl Karren pro kbm mehr erforderlich. Steigt die Karrbahn auf e Stationen um hm, ist also die relative Steigung

$$s = \frac{h}{50e}$$

	Transport mittels		
	Schiebekarren	Handkippkarren	Pferdekarren
1) Zahl der Karren pro kbm leichtesten Abtragbodens	15	3	2
2) Zeit zur Hin- und Rückfahrt pro Station von 50m	$\frac{4}{3}$ Min.	$\frac{10}{9}$ Min.	$\frac{3}{2}$ Min.
3) Zeit zum Laden und Entladen pro Fahrt mit Repartition aller Nebenaufenthalte . .	4 Min.	10 Min.	15 Min.
4) Zahl der Fahrten pro Arbeitsstunde bei e Stationen Transportweite	$\frac{45}{e+3}$	$\frac{54}{e+9}$	$\frac{40}{e+10}$
5) Erforderliche Arbeitskräfte, um m kbm in z Arbeitsstunden auf e Stationen zu transportiren	$\frac{e+3}{3} \cdot \frac{m}{z}$ Karrenschieber	$\frac{e+9}{9} \cdot \frac{m}{z}$ Karrenzieher	$\frac{e+10}{40} \cdot \frac{m}{z}$ Pferde
6) Zahl der zugehörigen Karren, excl. Reserve	$\frac{e+3}{3} \cdot \frac{m}{z}$	$\frac{e+9}{18} \cdot \frac{m}{z}$	$\frac{e+10}{20} \cdot \frac{m}{z}$

so beträgt der aliquote Theil, um den sich die auf der Horizontalen erforderliche Karrenzahl erhöht, bei Schiebkarren $5s$, bei Kippkarren $10s$. Sind z. B. auf der Horizontalen bei Thonboden $(1+0{,}1)\,15 = 16{,}5$ Schiebkarren erforderlich, so vermehrt sich diese Zahl für $s = 0{,}04$ auf $(1+0{,}2)\,16{,}5 = 19{,}8$. Wenn bei Schiebkarren-Transport für die direkte Entfernung $s > \frac{e}{15}$ ist, so empfiehlt sich die Einlegung eines Umweges in die Karrbahn, bei dem das Steigungsverhältniss $s_1 \overline{\overline{<}} \frac{e}{15}$ und der wirkliche Transportweg $e_1 \overline{\overline{>}} 15 s_1$, jedoch nicht $< 0{,}3h$ Stationen wird. Bei Kippkarren-Transport sind längere Steigungen $> 0{,}01$ möglichst zu vermeiden, event. sind 3 Mann pro Karre erforderlich.

Zu 2). Bei besonders guter Fahrbahn sind auch für Transport mit Pferden nur $\frac{4}{3}$ Min. pro Station zu rechnen.

Zu 3). Wenn die Pferde in verhältnissmässig grossen Abständen auf einander folgen (weite Transporte und wenig Pferde) und eine genügende Anzahl von Wechselkarren vorhanden ist, lässt sich der Aufenthalt von 15 Min. auf 10 Min. vermindern.

Zu 4). Für $e =$ bezw. 6, 11 und 30 Stationen erreicht der tägliche Weg das zulässige Maximum von 30Km. Bei grösseren Transportweiten ist für rechtzeitige Ablösung oder Abwechselung in der Beschäftigungsart zu sorgen, sonst vermindert sich die Leistung so weit, dass der tägliche Weg nur 30Km beträgt.

Zu 5). Bei Berechnung von z aus der ganzen disponiblen Arbeitszeit sind für April bis September monatlich nur 24 Arbeitstage, für Oktober bis März nur 20 Tage zu 10 Arbeitsstunden anzusetzen.

Zu 6). Bei Schiebkarren sind durchschnittlich 5 %, bei Handkippkarren 10 % Reserven erforderlich. Bei Transport mit Pferden ist die Anzahl der Wechselkarren nach der speziellen Arbeitsdisposition zu berechnen, ausserdem 10 % Reserven.

Bei dem Transport mittels Kippwagen auf Schienenbahnen zieht 1 Pferd auf der Horizontalen 2 beladene Wagen à 2 kbm, bezw. 6 bis 8 leere Wagen. Zeit zur Hin- und Rückfahrt pro Station $\frac{4}{3}$ Min., Nebenaufenthalt pro Fahrt 10 — 15 Min. Vortheilhaft ist ein Gefälle von 0,01, wobei die beladenen Wagen von selbst abwärts laufen und je 4 leere Wagen von 1 Pferd herauf zu ziehen sind.

Für Lokomotivbetrieb ist die Leistungsfähigkeit in jedem einzelnen Falle aus den disponiblen Betriebsmitteln und den Steigungs-

verhältnissen herzuleiten. Die Fahrgeschwindigkeit ist nicht $>$ 22,5 Km, beim Schieben nicht $>$ 34 Km pro Std. anzunehmen.

Kosten. Vorausgesetzt sind leichtester Boden, horizontale Karrbahn und folgende Geldwerthe der Stunden-Leistungen: für 1 Karrenschieber 0,15 M., 1 Karrenzieher 0,20 M., 1 Pferd mit Wartung 0,50 M. Ueber sonstige spezielle Annahmen vergl. D. Bztg. Jahrg. 1871 S. 11.

Die folgende, nach diesen Annahmen berechnete Tabelle weist den Einfluss nach, den die variablen Grössen e, m und z auf die Transportkosten äussern; die konstanten Zahlenwerthe sind je nach den Verhältnissen zu modifiziren.

Kosten pro Arbeitsstunde in Markpfennigen für:	Bei Schiebkarren-Transport	Bei Handkippkarren-Transport	Bei Pferdekarren-Transport
Transport von $\frac{m}{z}$ kbm auf e Stationen	$5(e+3) \cdot \frac{m}{z}$	$\frac{20(e+9)}{9} \cdot \frac{m}{z}$	$\frac{5(e+20)}{4} \cdot \frac{m}{z}$
Leitung und Beaufsichtigung der Arbeiten	$20 + \frac{e+3}{18} \cdot \frac{m}{z}$	$20 + \frac{e+9}{36} \cdot \frac{m}{z}$	$20 + \frac{e+10}{36} \cdot \frac{m}{z}$
Instandhaltung der Karrbahn	$10 + 2{,}5\,e$	$20 + 5\,e$	$30 + 5\,e$
Planirungsarbeiten und kleinere Hülfsleistungen	$30 + \frac{5}{18} \cdot \frac{m}{z}$	$50 + \frac{5}{9} \cdot \frac{m}{z}$	$100 + \frac{5}{9} \cdot \frac{m}{z}$
Abnutzung der Karrbahn	$\frac{5e}{18} \cdot \frac{m}{z}$	$\frac{e}{3} \cdot \frac{m}{z}$	$\frac{e}{2} \cdot \frac{m}{z}$
Reparatur der Karren	$\frac{e+8}{9} \cdot \frac{m}{z}$	$\frac{e+16}{9} \cdot \frac{m}{z}$	$\frac{e+30}{12} \cdot \frac{m}{z}$
Werthverminderung der Karren	$\frac{e+3}{9} \cdot \frac{m}{z}$	$\frac{e+9}{12} \cdot \frac{m}{z}$	$\frac{e+10}{12} \cdot \frac{m}{z}$
Summa	$60 + 2{,}5\,e + \frac{50(e+3)}{9} \cdot \frac{m}{z}$	$90 + 5\,e + \frac{5(5e+42)}{9} \cdot \frac{m}{z}$	$150 + 5\,e + \frac{35(e+15)}{18} \cdot \frac{m}{z}$

Die Anzahl der Stationen, bis zu welcher hiernach Schieb- und Handkippkarren-Transport mit Vortheil auszudehnen sind, sowie die Transportpreise incl. Laden für Werthe von $\frac{m}{z}$, die zwischen 9 und 36 liegen, sind aus folgender Zusammenstellung zu entnehmen.

	Anzahl der Stationen		Transportpreise in Pfenn. pro kbm	
$\frac{m}{z} =$	9	36	9	36
Schiebkarren	4,0	2,75	$24 + 6{,}0\,e$	$18 + 5{,}6\,e$
Handkippkarren . . .	15,0	9,0	$33 + 3{,}3\,e$	$26 + 2{,}9\,e$
Pferdekarren	—	—	$46 + 2{,}5\,e$	$33 + 2{,}1\,e$

Zu dieser Tabelle ist zu bemerken, dass der Uebergang von der einen Transportart zur anderen durch eine genügend grosse Bodenmenge motivirt sein muss. Bei den Preisen, welche zur Abkürzung geringen Abrundungen unterzogen worden sind, sind die Ladekosten mit eingerechnet; sollen dieselben den Kosten für das Lösen zugesetzt werden, so sind die Zahlen der Tabelle um 10—15 Pf. zu reduziren.

Zur überschläglichen Berechnung von Transportpreisen (excl. Laden), ohne Rücksicht auf spezielle Verhältnisse, sind folgende Formeln zu benutzen:

Für $e < 10$ Stat. $p = (3{,}0\,e + 10)$ Pf. pro kbm

Für $e > 10$ u. < 20 Stat.: $p = (2e + 20)$ Pf. pro kbm
" $e > 20$ Stat.: $p = (1{,}5e + 30)$ " " "

Für Vor- und Unterhaltung der Geräthe sind dann bei Schiebkarren-Transport 10 %, bei Handkippkarren-Transport 15 %, bei Pferdekarren-Transport 25 % hinzu zu rechnen.

Bei besonders schwerem Boden und bei Steigung erhöhen sich die Transportpreise in dem Verhältniss, in welchem nach dem Obigen (Anm. zu 1) die Zahl der Karren pro kbm grösser wird. Für überschlägliche Berechnung genügt es, die Steigung in der Weise zu berücksichtigen, dass der Transportweite pro 1 m Höhendifferenz 25 m zugesetzt werden.

2. Lösung des Bodens.

Wo derselben Rodungsarbeiten vorangehen müssen, ist zu rechnen: für Roden und Beseitigen von 1 A Laubholz-Hochwald 9—12 M., 1 A Nadelholz-Hochwald 6—9 M., 1 A Unterholz 3—6 M., 1 lfd. m Hecken 0,15—0,30 M.

Die erforderliche Zahl der Arbeitsstunden zur Lösung von 1 kbm gewachsenen Boden, sowie der Anschlagspreis, incl. Beschaffung und Unterhaltung der Lösegeräthe und Sprengmaterialien, ist aus folgender Tabelle zu entnehmen.

Bodengattung	Lösegeräthe	Arbeits-Stunden	Preis in Mark
Kies, sandiger Lehm und Thon	Holzkeil und Schlägel	1—1,25	0,25—0,30
Fetter Lehm und Thon	Platthacke	1,5—2	0,35—0,45
Fein zerklüftetes Gestein, Gerölle	Spitzhacke und Brecheisen	2,5—3,5	0,60—0,80
Leicht schiessbares Gestein	Sprenggeräthe, Brecheisen	4—5	1,00—1,20
Schwer schiessbares Gestein	Dgl., Steinkeile und Hämmer	6—9	1,40—2,00

Das Laden sowie das Abstechen von leichtem Stichboden ist oben bei der Transportarbeit mit einbegriffen. Wird das Laden mit dem Lösen zusammen verdungen, so sind pro kbm 0,5—0,75 Arbeitsstunden und 0,10—0,15 M. mehr zu rechnen. Für den einfachen Wurf von 1 kbm gelockertem oder stechbarem Boden bis zu 4 m Weite sind 0,15—0,20 M in Ansatz zu bringen.

Als Zulage für Gewinnung, incl. Transport bis 100 m Weite und Aufsetzen in regelmässigen Haufen, ist zu rechnen für 1 kbm brauchbare Steine 1,0 M., Kies 0,60 M., Mauersand 0,50 M.

Auflockerungsverhältniss. 1 kbm gewachsener Boden,

bestehend aus	Sand	Lehm	Keuper, Mergel	festem Thon	Felsen
ergiebt beim Transport . .	1,10—1,20	1,20—1,25	1,25—1,30	1,30—1,35	1,35—1,50
" in konsolidirtem Auftrag	1,01	1,02	1,03	1,04—1,05	1,08—1,10

3. Abträge.

1) Herstellungsweise. Die Abträge sind, event. zunächst mit provisorischer Sohle, nur nach steigender Richtung in Angriff zu nehmen und thunlichst früh mit Abzugsgräben zu versehen. Die Arbeit ist so zu disponiren, dass ein möglichst grosser Theil des Bodens von Seitenwänden abgeschachtet werden kann, deren Höhe bei schwerem Lehm nicht über 3 m, bei leichtem Lehm nicht über 4 m, bei Sand bis zu 5 m betragen darf. Für tiefere Einschnitte entsteht dadurch der Terrassenbau. Bei lang gestreckten flachen Abträgen empfiehlt es sich häufig, die Karrenfahrten gleich bis zum Ende der Transportsektion einzuschneiden und von da ab rückwärts den Ein-

schnitt herzustellen, wodurch eine möglichst gleichmässige Transportweite erzielt und die erforderliche Länge der Fahrten fast auf die Hälfte reduzirt wird. Bei bedeutender Abtrags-Höhe und Länge ist der „englische Einschnittsbetrieb" von Vortheil, bei welchem ein geräumiger Stollen auf der Einschnittsohle angelegt und darüber eine Anzahl von Schächten hergestellt wird, welche allmälig trichterförmig erweitert und zu einer durchlaufenden Rösche verbunden werden, wobei der gelöste Boden in die im Stollen stehenden Transportwagen fällt. (Brennerbahn). Nach Rziha sind die Abtragshöhen, bei denen sich dieser Betrieb schon unbedingt vortheilhaft stellt, je nach der Gebirgsart und der Einschnittsbreite die folgenden:

Gebirgsart	rollig	mild	gebräch	leicht schiessbar	schwer schiessbar	sehr schwer schiessbar
bei eingleis. Bahn	12 m	10 m	10 m	12 m	14 m	20 m
bei zweigleis. Bahn	10 m	8 m	10 m	10 m	12 m	18 m

2) Böschungsbekleidung zum Schutz gegen Witterungseinflüsse wird für gewöhnlich durch Deckrasen oder eine mindestens 10zm starke Mutterboden-Schicht gebildet, welche, wo möglich bei feuchter Witterung, mit einem Gemisch von Gras-, Klee-, Hafer-, Luzern-Samen etc. (pro 1 A etwa 0,3k) besäet wird. Bei leicht auflöslichem Boden, bei Flugsand und bei Mergel, der schnell in Staub zerfällt und deshalb auch bei ursprünglich grosser Festigkeit nicht in steilen Wänden stehen bleiben darf, ist die Bekleidung sofort nach Regulirung der Böschungen aufzubringen. In schlüpfrigem Thon sind zuvor kleine, der Länge nach geneigte Terrassen einzuschneiden. Gegen das Abfliessen von wasserhaltigem Lehm schützt eine recht dicht verfilzte Strauchpflanzung von Akazien, Brombeeren und Ginster. Im Uebrigen sind Strauch- und Baumpflanzungen der Trockenhaltung der Böschungen eher hinderlich, daher vorzugsweise nur in Sandboden anzulegen (Akazien). Bei konzentrirtem Angriff durch fliessendes Wasser muss Steinpackung oder Pflasterung Schutz gewähren. Felsböschungen bleiben unbekleidet. Statt der regelmässigen Dossirung derselben ist meist eine steile Abtreppung mit thunlichster Ueberdeckung der natürlichen Spalten zur Erhaltung der Wände geeigneter. Wenn sich, wie namentlich beim Kalkstein häufig, grössere Höhlungen bilden oder Schichten leicht zerdrückbaren oder auflöslichen Materials unter den Steinlagern vorfinden, ist durch Mauerpfeiler dem Niedergehen der letzteren vorzubeugen.

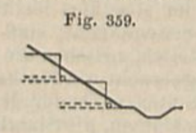
Die Kosten pro 1 A Böschungsbekleidung betragen (für die Arbeitsstunde 0,20 M. gerechnet) durchschnittlich: für Abstechen von 1 A Rasen, 10zm st., oder Aussetzen von 15 kbm Mutterboden 2,5 M., Einebnen der Böschung 2,25 M., Aufbringen des Rasens oder Mutterbodens 3,25 M.; bei grösserer Abtragshöhe als 2m für jeden folgenden Absatz von 2m Höhe 1 M. mehr. Bei Transport des Rasens oder Mutterbodens über 100 m mittl. Entfernung ist der Preis nach den Transportsätzen zu erhöhen.

Für Besamung incl. Samen und Unterhaltung bis zum vollständigen Begrünen pro 1 A 1,5 M. Bei Bekleidung reiner Sandböschungen mit Rasen ist zuvor eine dünne Mutterbodenschicht aufzubringen, wodurch der Preis pro Ar von 9 auf ca. 12 M. steigt.

3) Entwässerung. Wo das Seitenterrain nach dem Einschnitt zu abfällt, ist gleich bei Beginn der Arbeiten an dem oberen Einschnittsrande entlang ein Graben mit genügendem Querschnitt und starkem, nöthigenfalls wechselnden Gefälle (nicht $< 2‰$), mit Rasen oder Thon gehörig gedichtet, anzulegen, von dessen Sammelpunkten gepflasterte Mulden oder in Moos gemauerte Kaskaden zu dem Bahn-

graben hinab zu führen sind. Das innere Quellwasser ist, namentlich in Lehm- und Thonboden mit Sandadern oder bei geneigten Lettenschichten, frühzeitig durch schmale, unten mit Steinpackung, oben mit dichtem Boden ausgefüllte Quereinschnitte (Sickerkanäle) oder durch Drainröhren an geeigneten Punkten zu konzentriren und in Gräben oder Sammelkanälen abzuleiten, unter Umständen auch durch Brunnen in tiefer liegende Kies- oder Sandschichten hinab zu führen. Bei tieferen Einschnitten in vielfach von Wasser durchzogenem Lehm empfiehlt sich ein vollständiges Drainsystem von Längs- und Querröhren in verschiedenen Höhen, wobei die Böschung zuerst in Absätzen von ca. 3m Höhe und 4,5m Breite anzulegen ist (Fig. 359). Ist der innere Wasserandrang so gross und der Boden so leicht auflösbar, dass ein sofortiger Schutz nothwendig wird, so ist der untere Theil der Böschung und event. auch der Graben mit losen, möglichst grossen Steinen auszupacken.

Fig. 359.



Die Entwässerung des Planums bedingt, dass die mit der Neigung von 40 ‰ angelegte Abdachung (cfr. I, 2) bei strengem Lehm- oder Thonboden etwa 0,3m tiefer als nach dem Normalprofil ausgeführt und dafür eine ebenso hohe Sandbettung eingebracht wird.

4) Entlastung von Rutschflächen, sofern dieselben nicht durch Trockenlegung unschädlich zu machen sind, geschieht bei weicheren Bodenarten durch Abtragung der Schichten parallel zur Rutschfläche, bei Steinlagern zweckmässiger durch Bildung terrassenförmiger Absätze, in welche Entwässerungskanäle einzulegen sind. Eine Rutschung an ihrem Fusse anzugreifen, ist meist zwecklos.

5) Anlagen gegen Schneeverwehungen sind erforderlich bei Einschnitten von weniger als 3m Tiefe. Blosse Verflachung der Einschnittsböschungen ist meist erfolglos. Errichtung von Schutzwehren dicht am oberen Böschungsrande hat sich bisweilen nachtheilig gezeigt. Bedingung für die Wirksamkeit der Schutzwehren ist: genügende Höhe (mind. 1,5m, besser 2,0—2,5m) und genügender Raum für die unschädliche Ablagerung des Schnees zwischen Schutzwehr und nächster Planumskante (mind. 4mal, besser 5—6mal so breit als die Höhe der Schutzwehr über dem Planum). Sehr zu empfehlen ist gleichzeitige Verbreiterung des Einschnitts; statt letzterer sind auch Schneezäune aus Brettern und alten Schwellen, dichte Weissdorn- und Fichtenhecken, womöglich in doppelten Reihen, oder breite Fichtenpflanzungen mit Vortheil anzuwenden. Besonders auf der Westseite und bei Steigung des Terrains nach der Bahn zu sind die Schutzmittel gut auszubilden und über den Wechsel zwischen Auf- und Abtrag hinaus spitzwinklig an den Damm anzuschliessen.

4. Aufträge.

1) Herstellungsweise. Lagen-Schüttung bei niedrigen Dämmen und da, wo es sich um schnelles Setzen oder Erhaltung einer möglichst gleichmässigen Belastung handelt, namentlich bei der, stets symmetrisch auszuführenden Ueberschüttung von Bauwerken und bei Ueberschreitung von Mooren, deren benarbte schwimmende Decke zur Verhütung unregelmässiger Risse in der beanspruchten Breite zu durchstechen und mit zu versenken ist. Stampfen des Bodens ist nur dann von Erfolg, wenn es in Lagen von höchstens 0,3m Stärke mit schweren Stampfen unter beständiger Aufsicht geschieht, besonders

aber, wenn vorher zur Dichtung je einer Lehm- oder Thonlage eine Lage von feinem Sand aufgebracht werden kann. Auch Walzung ist mit Vortheil anzuwenden.

Kopf-Schüttung meist in voller Dammhöhe. Etagenbau in ca. 5^m hohen Absätzen ist vorzuziehen bei schroffem Wechsel der Höhe, stark lockerndem Schüttmaterial oder nachgiebigem Untergrund. Für Transporte mit geschlossenen Zügen verschiebbare Bockgerüste (Z. d. A.- u. I.-V. zu Hann. 1865, S. 139).

Bei Schüttungen durch Wasser ist Lehm oder sonstiges lösliches Material zu vermeiden. Mindestens 2 schmale Seitendämme sind bis über Wasser aus grobem Sand und Gerölle herzustellen, zwischen die das lösliche Material, vor dem Abbruch geschützt, eingebracht werden kann. Verwerflich ist eine solche Schüttung von den Seiten nach der Mitte zu bei moorigem Untergrund, da derselbe, eingeschlossen, die Stabilität des Dammes gefährdet. Schüttungen auf altem, dichten Torfboden und solche aus Torf selbst sind bei Auftragshöhen unter 2^m unbedenklich, doch ist eine ca. $0{,}5^m$ starke Deckschicht von dichtem Material, wo möglich grobem Sand, unbedingt nöthig (Vorpommersche Bahn). Bei Lehm- und Thonboden sind die gelösten Stücke möglichst zu zerkleinern.

Mit Rücksicht auf das Setzen erhalten die Dämme Ueberhöhung, reichliche Breite und etwas konvexe Böschungen. Für das Sackmaass ($\frac{1}{10}$—$\frac{1}{50}$, bei Torf bis zu $\frac{1}{2}$) ist bestimmend:

a) die Pressbarkeit des Untergrundes;
b) die Beschaffenheit des Schüttmaterials (Thon, Mergel und loses Gestein setzt sich bis zu $\frac{1}{10}$ der Höhe, Sand nur ca. $\frac{1}{50}$);
c) die Dammhöhe, von der die Pressung der untersten Schichten abhängt;
d) die Herstellungsweise: Lagen- oder Kopfschüttung;
e) die Zeitumstände: Dauer, Jahreszeit, Witterung.

Wegen der Unsicherheit der Schätzung ist bei beträchtlich hohen Dämmen ca. 3^m unter Planum zu beiden Seiten ein Bankett von 0,6 bis 1^m Breite zu empfehlen, aus dessen Material ev. das gesunkene Planum wieder profilmässig herzustellen ist.

Durchnässten oder gefrorenen Lehm- und Thonboden zur Schüttung zu verwenden, ist für die spätere Trockenhaltung des Dammes von nachtheiligstem Einfluss.

2) Böschungsbekleidung im allgemeinen wie bei Abträgen. Wo aus besonderen Gründen die Böschungen steiler als 1,5fach gehalten werden müssen, empfiehlt sich eine Deckung derselben durch Kopfrasen, der, mit der Wurzelseite nach oben, gepackt wird.

3) Entwässerung. Bei Quergefälle des Terrains ist oberhalb des Dammes ein gut zu dichtender Parallelgraben und bei wasserhaltigem Grunde ein tiefer liegender Längs-Sickerkanal anzulegen, der das Filtrationswasser an Querkanäle abgiebt. Nöthigenfalls vollständige Drainsysteme. Die Sickerkanäle müssen auf vollkommen dichtem Boden liegen; event. ist zur Vermeidung von Unterspülung eine Thonschicht darunter einzubringen.

4) Mittel gegen Rutschungen. Bei Querabhängen ist sorgfältigste Entwässerung nöthig; ausserdem ist die obere Humusschicht zu entfernen, der feste Untergrund in Absätzen von mind. 3^m Breite zu terrassiren und sind die Terrassen mittels dünner, fest gestampfter Schichten vor Höherführung des Dammes horizontal abzugleichen. An der tiefer liegenden Seite kann eine Stütze durch Gegenbanketts geschaffen werden, welche aus schwerstem, völlig trockenem Material

(Sand und Steinen) bestehen müssen und deren Böschung ca. 1^m tief in den festen Untergrund einzuschneiden ist.

Ausschachtungen neben einem höheren Damm sind auf der tiefer liegenden Terrainseite zu vermeiden, überhaupt aber, bei nachgiebigem Untergrund, mind. um die 1,5fache Ausschachtungstiefe vom Fuss des Dammes entfernt zu halten und durch stehen bleibende Streifen in kürzere Gruben zu zerlegen.

5) Schutzmittel gegen Wasserangriff. Dämme, die zeitweise dem Wellenschlag ausgesetzt sind, werden in dem für gewöhnlich wasserfreien Theil schon durch 3—4fache Anlage der Böschungen und durch eine kräftige Grasnarbe genügend geschützt. Werden statt letzterer Weiden- und Strauch-Pflanzungen angewandt, so sind dieselben niedrig zu halten, da der junge Aufschlag besser widersteht. Unter Wasser steht bei Sandschüttungen eine 6—8fache Böschung, welche durch groben Kies oder durch ein Konglomerat von Bruchsteinen und Zement die erforderliche Deckung erhält. Gegen Unterspülung schützen Faschinen-Senklagen, die zwischen Flechtzäunen mit festem Material gehörig belastet werden, oder Steinschüttungen; gegen Eisgang Pflaster von grossen, mind. $0{,}5^m$ tief einbindenden Steinen auf massiver Unterlage.

5. Seiten-Entnahme und Aussatz.

Bei der Wahl der Entnahme- und Aussatz-Stellen ist möglichste Beschränkung des ansteigenden Transports, selbst wenn dadurch beträchtlich weitere Förderung oder die Herstellung von Transportbrücken oder provisorischer Schüttungen bedingt wird, häufig vortheilhaft, namentlich auch wegen der grösseren zulässigen Höhe der Entnahme oder Ablagerung und der entsprechend geringeren Grunderwerbskosten. Jedenfalls ist bei der Ausführung die Hebung der untersten abzutragenden Schichten in die obersten anzuschüttenden Schichten durch geschickte Arbeitsdisposition thunlichst zu umgehen.

Die Böschungen der Schachtgruben und Ablagerungen sind wie die der Ab- und Aufträge zu behandeln. Der vorhandene Mutterboden ist nie nutzlos zu verschütten. Auf der Sohle und den Böschungen grösserer Schachtgruben sind mit Vortheil Baumpflanzungen anzulegen: für trockenes Terrain vorzugsweise Akazien, Ahorn, Birken, Eschen, Fichten; für nasses Weiden, Erlen, Hainbuchen.

6. Unterhaltungsarbeiten.

Als Grundsatz ist festzuhalten: Jede Beschädigung von Böschungen, jede Einsenkung eines Dammes und jede Verschlämmung eines Grabens ist so schleunig als möglich zu beseitigen. Bei solider Ausführung sind alsdann die Unterhaltungskosten für den Zeitraum von 1 Jahr durchschn. zu 4 % der für Bodenlösung und Bildung der Böschungen und Gräben verausgabten Summen anzunehmen.

7. Geschäftsführung.

1) Verdingung der Arbeiten. Prinzip: Jeder Mitarbeiter muss durch die Art des Akkordes ein Interesse an möglichster Förderung der Arbeit gewinnen. Die Karrer finden den Maasstab ihrer Leistung nur in der Zahl der täglich geförderten Karren, müssen daher einen Akkordsatz pro Karre erhalten. Die Häcker und Planeurs sollen ein Interesse daran haben, den Transport möglichst zu er-

leichtern und zu beschleunigen. Sie werden daher am besten auf denselben, von der Zahl der täglichen Fahrten abhängigen Durchschnittsverdienst gestellt, wie die Karrer; die Vorarbeiter etwa auf das 1,5fache. Der Schachtmeister, dem die Akkordsätze pro Karre vorzuschreiben sind, soll auf möglichst volle Ladung der Karren sehen, erhält daher einen Akkord pro kb^m Abtragsboden. Der Bau-Unternehmer wahrt sein Interesse vorzugsweise durch geschickte Arbeitsdisposition, gerechte Normirung der Akkordsätze und Beschaffung vorzüglicher Arbeitsgeräthe.

Bei Kontrakten mit Unternehmern verdienen neben den allgemeinen Bedingungen zur Sicherstellung der Bauverwaltung folgende Punkte besondere Rücksicht: Das Vorkommen bestimmter Bodengattungen nicht zu garantiren; nachträgliche Feststellung verschiedener, für die Abrechnung zu trennender Bodenklassen zu vermeiden; für etwaige Dispositionsänderungen einen bestimmten Zahlungsmodus festzusetzen; genau zu vereinbaren, wie die Abrechnung erfolgen soll und welche Nebenleistungen bei den Akkordsätzen mit einbegriffen sind (Interimsbrücken, Rüstungen etc.); Feststellung von Tagelohnssätzen für ausserkontraktliche Arbeiten; Bestimmungen für etwaige Arbeits-Beschränkung oder Sistirung etc.

2) Arbeits-Disposition und Kontrole. Prinzip: Die erforderliche Anzahl der Arbeitskräfte und Geräthe ist möglichst gleichmässig während der ganzen Bauzeit auszunutzen, wonach für die einzelnen Schächte ein ganz bestimmtes Programm vorher zu entwerfen ist. Die Hauptarbeiten sind so früh als möglich mit zahlreichen Kräften anzugreifen; im übrigen ist unnöthig schneller Arbeitsbetrieb unvortheilhaft. Den nächsten Anhalt für die überschlägliche Berechnung der Arbeitskräfte bei gegebener Arbeitszeit gewährt die Anschlagsumme, reduzirt auf den Tagesverdienst als Maasseinheit. —

D.

DER STRASSENBAU.

Bearbeitet von F. W. Büsing, Ingenieur zu Berlin, unter Mitwirkung von F. Andr. Meyer, Ober-Ingenieur in Hamburg.

Benutzte Litteratur: v. Kaven, Der Wegebau; Ahlburg, Der Strassenbau; Baumeister, Stadterweiterungen; Statistik der inneren Verwaltung in Baden, Abthlg. Strassenbau; Krüger, Techn. Anweisung. Zeitschriften: des Hannov. Archit.- u. Ing.-Vereins, des Bayer. A.- u. I.-V.; des Oesterreich. A.- u. I.-V.; Nouvelles annales de la construction; Deutsche Bauzeitung u. a.

I. Allgemeines.

1. Frequenz von Strassen.

Frequenz städtischer Strassen. Spezielle Beobachtungen hierüber liegen nur vereinzelt vor und es ist das Vorhandene auf Strassen

mit sehr *grossem* Verkehr beschränkt. Folgende Zahlen repräsentiren *Stunden-Mittel* des Fuhrwerk-Verkehrs:

London: London-Brücke 1600, Temple-Bar 1000 Fuhrwerke.

Paris: Champs-Elysées 1200, Boulevard St. Dénis 1100, Boulev. Sébastopol 1000 Fuhrwerke.

Berlin: U. d. Linden- und Friedrichstr.-Ecke 830, Königsbrücke 750, Königstr. u. Spandauerstr.-Ecke 740, Leipzigerstr.-u. Jerusalemerstr.-Ecke 690, Belle-Alliance-Brücke 650, Mühlendamm 560, Kurfürsten-Brücke 470, Brandenburger Thor 430 Fuhrwerke.

Ueber *Fussgänger-Verkehr* sind nur die Stunden-Durchschnitts-Zahlen von 7000 für die London-Brücke (London) und 5900 für die Kommandantenstrasse (Berlin) bekannt.

Das Verhältniss des Stunden-*Maximums* zum Stunden-*Mittel* (für Fuhrwerk-Verkehr) hat sich nach in Berlin an einigen Punkten angestellten Beobachtungen als zwischen 1,3 und 1,6 liegend ergeben; sonstige Daten sind nicht bekannt.

Frequenz von Chausseen und Landstrassen. Das *Tages-Mittel der Zugthiere*, welche auf längeren Strecken passiren, ist nach Beobachtungen in verschiedenen Ländern und Distrikten:

1. In Gegenden ohne jede industrielle Thätigkeit . . . 10—15
2. Daselbst in der Nähe kleiner Flecken . . . . 15—25
3. In der Nähe von Flecken, welche kleine Marktorte bilden, oder in Distrikten mit geringer Industrie . . . . 25—40
4. In der Nähe von Marktorten von etwas grössererBedeutung, oder in Gegenden mit etwas entwickelter Industrie . . . 40—75
5. In Gegenden mit ziemlich entwickelter Industrie . . . . 75—150
6. In Gegenden mit reicher industrieller Thätigkeit . . . 150—400
7. In der Nähe grosser Städte 400—3000

*Durchschnittszahlen von Strassen-Komplexen**):

a) Distrikte mit vorwiegend industrieller Entwickelung . 125—250
b) Grosse Distrikte, theils wie vor beschaffen, theils mit blos ländlicher Thätigkeit . . . 100—180
c) Provinzen u. kleinere Staaten 80—150
d) Staaten aus mehren Provinzen gebildet, mit grosser Verschiedenartigkeit der maassgebenden Verhältnisse . . . 60—90

*) Hier ist diejenige Zahl von Zugthieren verstanden, die über die *ganze* Strassenlänge des betr. Distrikts, Staats etc., pro Tag fortgeht.

Als *spezifische Frequenz* kann der Werth des Quotienten $c\,\frac{Z}{B}$ bezeichnet werden, wenn unter Z das stündliche Mittel der Fuhrwerke, welche auf einem Strassendamme der Breite B passiren, und unter c ein Koeffizient > 1 verstanden wird, welcher das Verhältniss des Stunden-*Maximums* zum Stunden-*Mittel* von Z angiebt. Der Ausdruck gilt, mit analoger Bedeutung der Faktoren, auch für Fussgänger-Verkehr, nur dass für diesen selbstverständlich die *Gesammt*-Breite, welche auf einer Strasse für diesen Verkehr geboten ist, in Rechnung gestellt werden muss.

Für frequente Strassenstellen in Berlin (mit $c =$ rot. 1,35) haben sich Werthe von $c\,\frac{Z}{B}$ ergeben, die zwischen 80 und 90 für Wagen- und etwa 1500 für Fussgänger-Verkehr liegen. Da an allen betr. Stellen die Zirkulation ziemlich aufgehalten ist, so scheint es, dass, um eine möglichst freie Bewegung zu sichern, die Werthe von bezw. etwa 60 und 1000 nicht überschritten werden dürfen. Im übrigen kommen bei derartigen Festsetzungen mehre Momente *lokaler* Art in Betracht, die an anderer Stelle zu berühren sind.

2. Geschwindigkeiten, insbes. einiger belebten Motoren.

Wo im Folgenden nicht spezielle Bemerkungen beigefügt sind, sind durchgehends Mittelzahlen, in Metern pro Sek., zu verstehen.

a) Des Pferdes, bei verschiedenen Gangarten:

Gangart	Geschwindigkeit	Gangart	Geschwindigkeit	Gangart	Geschwindigkeit
Langsamer Schritt	1,0	Gestreckter Trab	4,0 – 6,0	Starker Galopp	10,0—12,0
Schnellschritt . .	2,0	Stärkster .	10,0	Renngeschwdgkt.	12,0—16,0
Kurzer Trab . . .	3,0—4,0	Gewöhnl. Galopp	7,0—10,0	Grösste beob. desgl.	24,0 (?)

Beziehungen zwischen der Geschwindigkeit eines mit Pferden bespannten Fuhrwerks und dem Längenprofil des Weges: Wenn der Weg in gewöhnlicher chausseemässiger Weise befestigt ist und unterhalten wird, so finden (nach Bokelberg) etwa folgende Zusammengehörigkeiten statt, unter der Voraussetzung, dass die angegebenen Gangarten von einiger Dauer sind und dass bei der Thalfahrt künstliche Hemmung unterbleibt.

Berg-Fahrt.			Thal-Fahrt.		
Gangart der Zugthiere	Steig. d. Str.	Prädikat zu der Steigung	Gangart der Zugthiere	Gefälle d. Str.	Prädikat zu der Gangart
Gewöhnl. Trab	50 ‰	reichlich steil	Gewöhnl. Trab	60 ‰	gefahrvoll
Kurzer do.	45 „	nicht zu überschr.	desgl.	50 „	misslich
Anhaltend. do.	30 - 33 „	nicht übermässig	desgl.	45 „	zu mässigen
Rascher do.	25 - 28 „	nicht zu überschr.	desgl.	28 „	ohn. Hemmg. befb.
			Gestreckter Trab	22 - 25 „	zulässig

b) Sonstiger Zugthiere: Maulthiere im Schritt 0,8—1,5^m, Esel desgl. 0,6—1,2^m, Ochs desgl. 0,4—0,7^m.

c) Des Menschen. Der „Geschäftsschritt" (sogen. Postbotenschr.) ist 0,785^m und werden dabei 2 Schritte pro 1 Sek. gemacht, daher die Geschw. 1,57^m. Die geringste Schrittweite (Spaziergängerschr.) ist 0,50^m und mit der sekundl. Geschw. übereinstimmend. Bei raschem Gang werden $2 \cdot 0{,}85 = 1{,}70^m$ und, äussersten Falls, etwa $1{,}95 \,.\, 0{,}95 = 1{,}85^m$ Geschw. erreicht.

Ueber Geschwindigkeiten bei anderen Bewegungen ähnlicher Art werden folgende, den betr. Statistiken entnommene Angaben, hier hinzu gefügt:

Deutsche Eisenbahnen	Erlaubte grösste Geschwindigkeiten	Durchschnitt incl.	Erreichte Geschwindigkeiten: Maximum incl.	Maximum excl.	Minimum incl.	Maxim. für kürz. Strekken excl.
			Stations-Aufenthalt			
Kourier- und Schnellzüge	20,8—25,0	12,5	14,7—16,0	16,4—17,0	9,5	23,0
Personenzüge	16,6	9,5	10,6	13,4	7,5	15,0
Güter- (und gemischte) Züge	12,5	6,0	—	—	—	—

Auf den englischen Eisenbahnen sind etwa folgende Geschwindigkeiten (incl. Stat.-Aufenth.) üblich: Postzüge 17,5^m, Expresszüge 16,5^m, Schnellzüge 14,0^m, Ordinäre (Pers.-) Züge 12,0^m. Daneben kommen zwar Züge mit geringerer, auf einigen Hauptrouten aber auch Züge mit grösserer als der obigen Geschwindigkeit vor, z. B. solche mit etwa 23^m; einzelne Strecken werden sogar mit Geschw. bis zu 27,0^m befahren.

Dampfschiffe für Passagierbeförderung fahren meist mit 5,0 bis 6,5^m Geschw., nur in seltenen Fällen kommen 7,5 bis 8,0^m vor.

Lastschiffe auf Kanälen, durch Zugleine bewegt, haben 0,25 bis 0,30^m Geschw., wenn die Bewegung durch Menschenkraft erfolgt, 0,5—0,6^m, wenn dieselbe durch Pferde bewirkt wird.

3. Hauptabmessungen von Fuhrwerken.

In England galt früher die Spurweite von $1,520^{m}$, von Aussen- zu Aussenkante des Radkranzes, in Preussen desgl. von $1,360^{m}$, von der Aussen- zur Innenkante des Radkranzes gemessen.

Hauptabmessungen einiger Fuhrwerksarten:

Wagenart	Radstand	Aeusserste Breite des Aufbaues	Aeusserste Länge des Aufbaues	Bemerkungen.
Droschken und Equipagen	$1,5-2,0^{m}$	$1,6-1,7^{m}$	$2,4-3,0^{m}$	Die Länge der Fuhrwerke ist excl. Deichsel zu verstehen; für diese, bezw. für die Bespannung treten noch $1,8-3,2^{m}$ hinzu.
Omnibus	1,4—1,8	2,0—2,1	3,0—4,0	
Pferdebahnwagen	1,4—2,4	2,0—2,1	4,5—8,0	
Gewöhnl. Landfuhrwerk . .	2,0—3,0	1,7—2,0	2,5—5,0	
Rollfuhrwerke	2,0—3,5	1,8—2,0	4,0—6,0	Die Ladungsbreite der Landfuhrwerke geht bis zu $3,0^{m}$.
Möbeltransportwagen . . .	2,0—3,5	2,0—2,1	4,0—6,0	

4. Gewichte von Strassenfuhrwerken und Einrichtung der Hauptheile derselben.

Gewicht leerer Fuhrwerke:

Art der Fuhrwerke	Zahl der Zugthiere 1 (Gewicht in Ztrn.)	2	3	4
Kutschen von leichter Bauart	7	14	—	—
do. von schwerer Bauart	10	20	—	—
Landfuhrwerk, leichtes .	8	12	—	16
„ schweres	—	18	—	24
Lastfuhwerk, leichtes . .	14	25	28	32
„ schweres .	—	40	50	60
Omnibus, leicht . . .	—	20	—	—
„ schwer . . .	—	40	—	—
Postwagen	12	18	—	32

Art der Fuhrwerke	Gewicht in Ztrn.	Anordnung und Zahl der Plätze: Im Innern	Auf den Perrons	Decksitze	In Allem
Einige Wagen der Berliner Pferdeeisenbahn:*)					
2spännige Wagen. . .	84	18	12	26	56
do. . .	47	20	12	26	58
do. . .	45	20	12	—	32
1spännige Wagen. . .	33	14	12	—	26
do. . .	33	12	10	—	22

*) Bei diesen Wagen schwankt das Gewicht der Axen mit den Rädern zwischen 9 u. 14 Z., der übrige Theil des Gew. kommt auf den Kasten.

Gewicht beladener Fuhrwerke. Maximal-Ladegewichte. Während in früheren Zeiten in den mehr oder weniger spezialisirten, bezw. mehr oder weniger streng gefassten Vorschriften über das zulässige Ladegewicht letzteres häufig mit Bezug auf die Radfelgenbreite festgesetzt wurde, hat man in neuerer Zeit diese Beziehung durchgehends fallen lassen und nur generell Maximallasten normirt, welche bei nicht geringeren als den allgemein üblichen Felgenbreiten der Regel nach nicht überschritten werden sollen; ist es nicht zu vermeiden, grössere Lasten ungetheilt zu transportiren, so wird der Transportunternehmer zum Ersatz der durch die verursachte Beschädigung der Strasse entstandenen Wiederherstellungs-Kosten heran gezogen.

Im grössten Theile Preussens gilt als Regel eine Maximallast (Nutzlast und Wagen-Gew.) von 170 Ztr. In einigen Provinzen waren früher vorgeschrieben: bei Felgenbreiten von $17,5-29,0^{zm}$ für 4räderige Fuhrw. 130—160 Ztr., für 2räderige 75—90 Ztr. In sonstigen Staaten, namentlich in Frankreich, waren die Maxim.-Ladungen mit Rücksicht auf Jahreszeit, Felgenbreite und Konstruktion des Fuhrwerks festgesetzt; dass diese Bestimmungen noch heute gelten, ist zweifelhaft. Für die Zonenbreite der Felgen von 1^{zm} liess man in Frankreich pro 1 Rad zu: bei 4räderigen Wagen $125-145^{k}$, bei 2räderigen $100-120^{k}$. In England wurden bei den Felgenbreiten von $13,5-27,0^{zm}$ zugelassen: bei 4räderigen Wagen 73—141 Ztr., bei 2räderigen 39—67 Ztr.

Die angegebenen Maximal-Lasten werden nur in verhältnissmässig seltenen Fällen erreicht. Nach Bokelberg's Ermittelungen kommen im allgem. bei 1spänn. Lastfuhrw. nur etwa 10—14 Ztr., bei 2spänn. 24—44 Ztr. pro Rad vor. Lokomotiv- oder Kessel-Transportwagen können bis 200 Ztr. pro Rad belastet sein.

Sonstige aussergewöhnliche Lasten: Schwere Chausseewalzen, von Pferden bewegt, mit 1,0 bis 1,1^m Länge, wiegen unbelastet 100 bis 140 Ztr., mit Steinen oder Wasser belastet 140—200 Ztr. Dampfbetriebene Chausseewalzen wiegen von 250—600 Ztr., wobei das Gewicht auf 2 Achsen, die etwa 2,2—2,5^m Abstand haben, und auf eine Zone von 1,1—1,5^m Breite vertheilt anzunehmen ist; die Achsen sind gewöhnlich ungleich belastet; spezielle Angaben hierzu fehlen.

Einige Konstruktionsbesonderheiten von Fuhrwerken. Zur leichteren Beweglichkeit der Wagen und zu bequemer Anordnung des Aufbaues ist es günstig, den Vorderrädern eine um etwa 20 % und darüber geringere Höhe als den Hinterrädern zu geben. — Durchgängig erhalten die Achsschenkel eine sog. Stürzung, welche bis etwa $\frac{1}{8}$ geht, wonach der Winkel, den Achsschenkel und Mitteltheil der Achse mit einander bilden, etwa 83° ist. Die Stürzung bezweckt insbes. die Gewinnung von Breite für den Wagenkasten, sodann auch eine leichtere Vertheilung des Schmiermittels und endlich soll dieselbe das Abwerfen des Koths von den Radfelgen erleichtern. — Für dieselben Zwecke und ferner, um den Rädern eine gewisse Elastizität zu verleihen, um ihnen eine bessere Haltung auf einer stark gewölbten Fahrbahn zu sichern, endlich um eine möglichst senkrechte Unterstützung der Achsschenkel zu erzielen, erhalten auch die Radspeichen eine Stürzung, deren Maass mit demjenigen der Achsschenkel genau oder ziemlich nahe übereinstimmt. — Die Achsschenkel werden schwach konisch ausgeführt, um den Rädern einen gewissen Spielraum zu gewähren, der besonders beim Fahren in Gleisen günstig ist, und um Reibung an den Stirnen der Naben zu verhüten. Je glatter und vollkommener die Strassen-Oberfläche ist, um so mehr kann die Achsschenkelform sich der zylindrischen Form nähern.

5. Widerstände der Strassenfuhrwerke.

Auf horizontaler und ebener Strasse ist durch die Zugkraft die sog. rollende Reibung — bekanntlich eine lineare Grösse — und die Reibung an den Achsschenkeln des Fuhrwerks zu überwinden. Bezeichnen: R den Raddurchmesser, r den Achsschenkel-Durchm., b die Felgenbreite, Q das Gesammtgewicht des Fuhrwerks, f den Koeffizienten der Zapfenreibung, S einen Koeffizienten für die rollende Reibung, so gilt die Näherungsformel:

$$Z = f\frac{r}{R}Q + S\sqrt[3]{\frac{Q^4}{bR^2}}$$

aus welcher u. a. hervorgeht, dass hohe Räder und grosse Felgenbreite die erforderliche Zugkraft ermässigen. Die theoretisch gewonnene Folgerung, welche auf die Felgenbreite Bezug hat, wird durch die Praxis kaum bestätigt, und da für die Haltbarkeit bestimmter Strassen die Vermehrung der Felgenbreite mindestens nicht günstig wirkt, so sind die früher häufigen grossen Felgenbreiten in der neueren Zeit mehr und mehr verschwunden.

Ausser den in der Gleichung vorkommenden Faktoren influiren auf

den Werth Z noch die Bauart der Wagen und die Transport-Geschwindigkeit. Bei schrittweiser Bewegung (etwa 1^{m} Geschw.) ist die Wagen-Bauart auf die Zugkraft nur insoweit von Einfluss, als ein Unterschied stattfindet, je nachdem ein 4räderiger Wagen oder ein 2rädr. Karren benutzt wird; der Karren erfordert 15—25 % weniger Zugkraft als der Wagen. — Mit der Zunahme der Geschw. wächst Z in fast gleichem Verhältniss. — Federn, in denen der Wagenkasten aufgehängt ist, äussern einen beträchtlichen Einfluss in dem Falle, dass die Fahrbahn nicht sehr glatt ist. Bei rascher Fahrt auf guten Steinschlag- und eben solchen Pflasterbahnen ist für in Federn hängende Wagen Z nicht merklich verschieden; bei rascher Fahrt auf schlechter Pflasterbahn nimmt Z zu, während bei langsamer Fahrt umgekehrt die Pflasterbahn ein geringeres Z bedingt als die Steinschlagbahn.

Auf unebener Strasse sind zur Ueberschreitung von kleinen Erhöhungen durch Körper, welche aus der Fahrbahnfläche heraus ragen oder umher rollen, bedeutende Arbeitsaufwände erforderlich. Ist die Belastung von 1 Rad $= q$, die Höhe, um welche dasselbe zur Ersteigung eines Hindernisses gehoben werden muss, $= h$, die Fuhrwerks-Geschw. $= v$, so ist der Arbeits-Aufwand näherungsweise:

$$A = qh\left(1 + \frac{v^2}{Rg}\right)$$

Beim Herabfallen des Rades vom jenseitigen Hang des Hindernisses wird von diesem Verlust nur in dem Falle ein geringer Theil wieder gewonnen, dass unmittelbar hinter dem ersten Hinderniss ein anderes, gleichartiges folgt. Nach der Formel ergiebt sich, dass mit Zunahme des Raddurchmessers der Arbeitsverlust abnimmt.

Widerstandskoeffizienten (Z) für verschiedene Strassenarten:

Art und Beschaffenheit der Strasse	Grenzwerthe	Mittelwerthe
Vorzügliches Steinpflaster	0,010—0,015	0,013
Gutes "	0,015—0,025	0,020
Geringes "	0,025—0,040	0,033
Gutes Holz-Pflaster	0,016—0,020	0,018
Asphalt-Strasse	0,010—0,016	0,013
Makadamisirte Str. mit Theer u. Pech gedichtet	0,008—0,012	0,010
desgl. gewöhnl. Makadam in vorzügl. Zustande .	0,012—0,020	0,015
desgl. in gutem Zustande	0,020—0,025	0,023
desgl. mit Staub etc. bedeckt	0,025—0,030	0,028
desgl. mit Schlamm und leichten Gleisen bedeckt (auch neue, nicht völlig gedichtete Str.) . .	0,030—0,040	0,035
dito von sehr geringer Beschaffenheit	0,040—0,080	0,050
Erdwege, vorzüglich gut	0,022—0,050	0,045
desgl., gut	0,050—0,100	0,080
desgl., schlecht	0,100—0,200	0,160

6. Strassenbaumaterial.

Als zerstörende Ursachen der Strassenflächen kommen wesentlich 3 in Betracht: die Atmosphärilien, der Rad-Druck der Fuhrwerke und die Perkussion des Hufbeschlags der Pferde.

Der Widerstand, den ein Material den zerstörenden Wirkungen der Atmosphärilien entgegen setzt, hängt in 1. Linie von der chemischen und mechanischen Konstitution desselben, in 2. von den äusseren Umständen ab, unter denen dasselbe zu wirken hat: Längen- und Querprofil der Strasse, Lage derselben gegen die Himmelsrichtung, freie oder eingeschlossene Lage, Feuchtigkeit, Grundwasserstand, Art und Güte des Unterhaltungsbetriebes etc.

Gegen die Wirkung der Atmosphärilien leisten fast alle Gesteine mit Kalkgehalt nur relativ geringen Widerstand; ebenfalls zeigen sich Antheile von Feldspath, Glimmer und Hornblende, je nach Grösse der Antheile und Art der Verbindung mit den übrigen Bestandtheilen eines Gesteins, meist von ungünstigem Einfluss. Auch grobkörnige, lagenweise und schiefrige Struktur bedingt der Regel nach geringere Widerstandsfähigkeit als feinkörnige und dichte Struktur, bezw. als Unausgesprochenheit von Schichtung.

Gegen Druck hat das Gestein mit seiner Härte zu wirken; je grösser daher die Festigkeit eines Gesteins, um so mehr geeignet wird dasselbe für Strassen sich erweisen, welche vorzugsweise für Verkehr schwerer Art zu dienen haben. Da in der Regel grosse Festigkeit und grosses spezifisches Gewicht zusammen vorkommen, so wird im allgem. das Gestein mit höherem spezif. Gewicht den Vorzug besitzen vor demjenigen mit geringerem spezif. Gewicht.

Der Zerstörung durch das heftige Aufschlagen der Hufe von Zug- und Reitthieren hat insbes. die Zähigkeit des Gesteins Widerstand zu leisten. Gesteinsarten, die nach dieser Richtung hin sich bewähren, sind wenig zahlreich, da sowohl die Gesteine mit geringer, als auch diejenigen mit sehr grosser Festigkeit der Zähigkeit entbehren. Da wahrscheinlich das Maass der Zerstörungen, die durch Perkussion hervorgerufen werden, beträchtlich über dasjenige hinaus geht, welches durch den Druck der Räder sich ergiebt, so hat für Strassen, die vorwiegend dem raschen Verkehr dienen, die Wahl des Materials mit besonderer Vorsicht zu geschehen und es sind Fehlgriffe hierbei weniger leicht vermeidbar als unter sonstigen Verhältnissen.

Vergleichender Werth verschiedener Gesteine zum Strassenbau. Der Gegenstand ist für Erforschungen exakter Art nur in geringem Maasse zugänglich; betr. Spekulationen sind heute noch auf die Inbetrachtnahme nur einer der Eigenschaften, von denen die Güte des Materials abhängt, die Druckfestigkeit, beschränkt.

Bezeichnen für 2 auf ihren ökonomischen Werth zu vergleichende Gesteine S^2 und $S_1{}^2$ den Querschnitt, S^3 und $S_1{}^3$ den Kubus eines Würfels, A und A_1 die durch Zerdrückung verloren gehenden Theile desselben, f und f_1 die Festigkeit und n und n_1 die Gesammtdauer (in Jahren), so sind die stattfindenden Verhältnisse, unter Voraussetzung gleicher Widerstandsfähigkeit beider Materialien gegen Zerstörung durch Druck — nicht ohne eine Einschränkung, die auf der Hand liegt — ausgedrückt durch:

$$f_1 : f = S^2 : S_1{}^2 \qquad (1)$$

$$A_1 : A = S_1{}^3 : S^3 = n : n_1 = f^{\frac{3}{2}} : f_1{}^{\frac{3}{2}} \qquad (2)$$

Nach speziellen Beobachtungen von Bokelberg ist Gl. (2) unabgeändert nur auf solche Materialien anwendbar, deren rückwirkende Festigkeitszahlen um nicht mehr als das Doppelte auseinander liegen. Liegen aber die Festigkeitszahlen um das Doppelte und darüber auseinander, so ist Gl. (2) zu verändern in:

$$A_1 : A = f^{\frac{3+m}{2}} : f_1{}^{\frac{3+m}{2}} \qquad (3)$$

in welchen $m < 1$ zu denken ist, so dass der Werth der Exponenten zwischen $\frac{3}{2}$ und 2 liegt. Liegen bei 2 Materialien die Festigkeitszahlen um das Dreifache und mehr auseinander, so gilt die Beziehung:

$$A_1 : A = f^2 : f_1{}^2 \qquad (4)$$

und wenn endlich Materialien von sehr hohen Festigkeitszahlen zu vergleichen sind, so ist die Gleichung zu benutzen:

$$A_1 : A = f^{\frac{3}{4}} : f_1{}^{\frac{3}{4}} \qquad (5)$$

Die angegebenen Abänderungen gründen sich auf spezielle Beobachtungen, welche an Bahnen aus Steinschlag (Macadam) gemacht

worden sind. Für die extremen Vergleichs-Fälle (härtester Basalt und loser Kalkstein etwa) kann sich nach Gl. (4) Amin.: Amax. = 1 : 8 bis 1 : 10 ergeben. In allgemeiner Form würde Gl. (2) lauten:

$$A_1 : A = S_1^3 : S^3 = n : n_1 = f^r : f_1^r \tag{6}$$

Die Werthe von r sind wie oben: $r > \frac{4}{3} < 2$.

Zu einer vergleichenden Ermittelung über die Jahreskosten, welche beim Gebrauch verschiedener Materialien entstehen, gelangt man durch folgende Betrachtung. Es seien K die Kosten pro Kubikeinheit für Neubau, bezw. Neubildung der Decke, F die jährlich aufzuwendenden Flickkosten, z der landesübliche Verzinsungssatz in Hunderteln ausgedrückt, und es gelten im übrigen die bisher gebrauchten Bezeichnungen, dann sind die Jahreskosten:

$$Kz + F + \frac{K}{n} \text{ und für ein anderes Material: } K_1 z + F_1 + \frac{K_1}{n_1}$$

Die Flickkosten sind proportional anzunehmen sowohl der Abnutzung A als auch der Beschaffungskosten K, d. h.:

$$F : F_1 = A\,K : A_1\,K_1 = f_1^r\,K : f^r\,K_1$$

$$\text{daher } F_1 = F \frac{f^r\,K_1}{f_1^r\,K} \text{ und entsprechend } K_1 = \frac{Kz + F + \frac{K}{n}}{z + \frac{F\,f^r}{K f_1^r} + \frac{1}{n}\frac{f^r}{f_1^r}} \tag{7}$$

Die Gl. (7) giebt ihrer Ableitung nach denjenigen Einheitssatz an, welcher für eine 2. Materialsorte nicht überschritten werden darf, wenn nicht höhere Kosten als bei der 1. Materialsorte entstehen sollen. Sie lässt jährliche Rücklagen, welche für Wiedergewinnung des Anlagekapitals K in der Zeit von n Jahren erforderlich sein werden, wie auch die Verzinsung der Flickkosten durch n Jahre, endlich den Werth, den das verbliebene Material nach der Zeit n noch besitzt, ausser Betracht. Ein auf diese Faktoren Rücksicht nehmender Ausdruck, der den gesammten Kapitalaufwand, der für ein Material während des Verlaufs von n Jahren erforderlich ist, ausdrückt und in welchem die einzelnen Buchstaben die gleiche Bedeutung wie vor haben, während w den Endwerth des Materials repräsentirt, ist:

$$K_0 = K(1+z)^n + K\,n\,z \frac{1}{(1+z)^n - 1} + \frac{F}{z}\left\{(1+z)^n - 1\right\} - w \tag{8}$$

Festigkeitskoeffizienten von Strassenbau-Material. Für eine auf die Festigkeiten $f \ldots f^n$ gestützte vergleichende Beurtheilung ist es wesentlich, dass $f \ldots f^n$ mit übereinstimmenden Apparaten an Stücken von gleicher Grösse, Form und Flächenbearbeitung ermittelt werden, da einfach pro Flächeneinheit gegebene Festigkeitszahlen mehr oder weniger ungenaue Resultate ergeben.

Nachstehend folgen ein paar Tabellen über Festigkeitszahlen von Strassenbaumaterial.

Tabelle I.

Resultate von Festigkeitsprüfungen, angestellt in der Versuchsanstalt der Elsass-Lothringischen Eisenbahnen zu Strassburg im Jahre 1876.

Die Resultate sind an Probestücken ermittelt, die bis auf nicht ins Gewicht fallende Abweichungen glatte Flächen und Würfelform besassen; anormale Probeergebnisse wurden ausgeschieden.

Gesteinsarten	Zahl der Proben	Seitenlänge der Würfel zm	Festigkeit in Kilogr. pro □zm Grenzwerthe		Durchschn.
Sandstein	29	7—10	960	300	590
do.	62	10—13	840	290	490
do.	46	13—15	430	140	330
Kalksteine	20	8—10	990	90	440
Granit	10	9—10	875	480	760
Basaltlava	10	7—10	710	280	440

Tabelle II.

Festigkeitsresultate nach Versuchen von Bokelberg.

Die Zahlen dieser Tabelle, welche in der 1. Kolonne Grenzwerthe, in der 2. Mittelwerthe giebt, gelten für unregelmässig geformte Stücke; sie betragen nur $^1/_{10}$ derjenigen Zahlen, die für geschliffene Stücke mit Würfelform von den im Kopf der Tabelle verzeichneten Abmessungen ermittelt worden sind.

Gesteinsarten.	zm 2,9 | □zm 8,4 | kbzm 25		zm 3,7 | □zm 13,7 | kbzm 50		zm 4,4 | □zm 19,4 | kbzm 85		zm 5,4 | □zm 26,0 | kbzm 130		zm 5,8 | □zm 33,6 | kbzm 200	
	Kilogramm									
Quarzfels	1050		1640		2360		3220		4200	
Gabbro	800		1250		1800		2450		3200	
Grünstein	700		1100		1580		2140		2800	
Einige Quarzgesteine u. Porphyre	500		700		1100		1450		1800	
Basalt	600-950	800	940-1480	1260	1350-2140	1820	1840-2910	2480	2400-3800	3230
Granit, Syenit, Gneis	500-1000	660	780-1560	1050	1125-2250	1500	1530-3060	2070	2000-4000	2680
Grauwacke	450-750	610	700-1170	950	1010-1680	1370	1330-2300	1860	1800-3000	2440
Kalkstein a. versch. Formationen . . .	150-850	450	230-1330	700	340-1910	1000	460-2600	1380	600-3400	1800
Muschelkalk v. verschied. Fundorten	200-600	380	300-940	580	450-1350	840	610-1840	1130	800-2400	1460
Keuper u. Keuper-Sandstein	150-800	430	240-1250	660	340-1800	960	460-2450	1300	600-3200	1700
Kohlensandstein . .	450		700		1000		1380		1800	
Deistersandstein . .	150-700	290	240-1090	460	340-1580	660	460-2150	900	600-1800	1080
Buntsandstein . . .	150-550	210	240-860	330	340-1240	470	460-1690	640	600-2200	830
Andere Sandst.-Art.	50-300	190	80-470	300	110-680	430	150-920	580	200-1200	760
Dolomit	150-400	260	280-620	420	340-900	600	460-1220	800	600-1600	1050
Oldenbrg. Klinker.	400		620		900		1220		1600	
Klinker aus anderen Gegenden	150-400	250	230-630	400	340-900	550	450-1220	750	600-1600	1000
Gewöhnliche Ziegel	50-150	100	80-240	150	110-340	225	150-450	300	200-600	400

7. Leistung der Zugthiere.

Die Leistung des einzelnen Zugthiers nimmt mit der Zunahme der Kopfzahl der Bespannung ab; hierzu liegen folgende Durchschnitts-Zahlen vor. Wird die am 1spännigen Fuhrwerk erzielte Leistung von 1 Thier = 1 gesetzt, so ist diese Leistung, wenn das Thier arbeitet:

am 2spännigen Fuhrw. = 0,95
„ 3 „ „ = 0,85
„ 4 „ „ = 0,80
am 5spännigen Fuhrw. = 0,73
„ 6 „ „ = 0,64

Die Zugkraft = K eines thierischen Motors ist zunächst allgemein abhängig von der Geschwindigkeit v, mit der diese Kraft geleistet, und von der Zeit z (in Stunden verstanden), während welcher dieselbe ausgeübt wird; durch individuelle Verhältnisse begründete Unterschiede, wie Alter, Race, Gewicht, Muskelkraft, Ernährungsweise, Art der Arbeit u. s. w., sind bei Herstellung eines mathematischen Ausdrucks ausser Betracht zu lassen. — Die 3 erwähnten Faktoren stehen, unter dieser Voraussetzung, in solcher Abhängigkeit von einander, dass bei gewissen Normalwerthen (k für Zugkraft, c für Geschwindigkeit, t für die Zeit) ein Maximum der Tages-Leistung = L erreicht wird, welches ausgedrückt ist durch:

$$L_{\max} = k\,c\,t \tag{1}$$

und dass jede Abweichung von einem der Faktoren k, c, t, die Leistung L herabzieht.

Maschek hat auf der angegebenen Grundlage folgenden Ausdruck entwickelt:

$$K = k\left(3 - \frac{v}{c} - \frac{z}{t}\right)^{*)} \qquad (2)$$

der erfahrungsmässig aber nur für solche Fälle gut passt, in denen die Geschwindigkeit v nicht weit von einem Mittelwerthe entfernt liegt, dagegen Werthe liefert, die nicht genügend mit der Erfahrung zusammen stimmen, wenn es sich um schnelle Leistungen, wie z. B. bei Personenfuhrwerk, Postwagen, Pferdebahn-Wagen etc., handelt.

Der allgemeinste Ausdruck für die Tagesleistung $= L$ eines Zugthiers ist nach Gl. (1):

$$L = K v z \qquad (3)$$

und mit Einführung des aus Gl. (2) entwickelten Werthes von z:

$$L = K v \left(3 - \frac{K}{k} - \frac{v}{c}\right) t \qquad (4)$$

Aus den Gleich. (4) und (2) kann leicht der Werth eines relativen Maximums ermittelt werden, welches in dem Falle zu erreichen möglich ist, dass die Werthe k, c und t (die ein absolutes Maximum ergeben) nicht einhaltbar sind. Das relative Maximum ist an die Bedingung gebunden:

$$\frac{v}{c} = \frac{z}{t} \qquad (5)$$

und es folgt hiernach, dass für Erreichung der relativ vortheilhaftesten Leistung eines Zugthiers der Maschek'sche Ausdruck sich vereinfacht in:

$$K = k\left(3 - 2\frac{v}{c}\right) = k\left(3 - 2\frac{z}{t}\right) \qquad (6)$$

Zugkraft, Arbeits-Geschwindigkeit und Arbeits-Dauer des Pferdes. Die normale Zugkraft kann zu 0,25—0,20 des Eigengewichts, welches zwischen 200 und 500^{k} liegt, angenommen werden. Die maximale Zugkraft, d. i. diejenige, die ein Pferd für einige Augenblicke ausüben kann, soll bis zur vollen Höhe des Eigengewichts steigen können. Je nach Geschwindigkeit und Dauer schwankt aber die Zugkraft etwa in den Grenzen von 10^{k} bis 150^{k}, während als Normalwerthe für ein kräftiges Arbeitspferd angenommen werden:

$K = 75^{k}$; $c = 1{,}10^{m}$; $t = 8$ Std. $= 28{,}800$ Sek.

die Arbeitsleistung {pro Std. $= 297000^{mk}$; pro Tag $=$ rot. 2376000^{mk}.

Aus einer Anzahl von betr. Resultaten sind etwa folgende, bei denen geringe Abrundungen vorgenommen sind, anzuführen:

Lfd. No.	Leistung pro Tag (mk.)	Leistung pro Sek. (mk.)	Zugkraft (k.)	Geschwindigkeit (m.)	Dauer der Tagesleistung (Std.)	Lfd. No.	Leistung pro Tag (mk.)	Leistung pro Sek. (mk.)	Zugkraft (k.)	Geschwindigkeit (m.)	Dauer der Tagesleistung (Std.)
1	378000	87,5	17,5	5,0	1,2	8	1929600	67,0	67,0	1,0	8,0
2	674200	123,0	22,0	5,6	1,5	9	2016000	70,0	56,0	1,25	8,0
3	972000	60,0	30,0	2,0	4,5	10	2304000	80	80,0	1,0	8,0
4	1059840	36,8	11,5	3,2	8,0	11	2430000	67,5	75,0	0,9	10,0
5	1166400	40,5	40,5	1,0	8,0	12	2468200	85,7	84,0	1,02	8,0
6	1166400	40,5	45,0	0,9	8,0	13	2880000	100,0	91,0	1,10	8,0
7	1656000	46,0	51,0	0,9	10,0	14	3329300	115,6	127,0	0,91	8,0

*) Von Gerstner rührt ein anderer Ausdruck: $K = k\left(2 - \frac{v}{c}\right)\left(2 - \frac{z}{t}\right)$ her, welcher dem Maschek'schen ähnlich ist, aber weniger oft als dieser gebraucht zu werden pflegt.

Einige besondere Werthe von K, v und z, welche aus der Maschek'schen Formel sich ergeben, enthält folgende Tabelle:

Annahme über K	Annahme über z	Ergebniss für v	Annahme über v	Annahme über z	Ergebniss für K	Annahme über K	Annahme über v	Ergebniss für z
0^k	0 Std.	$3{,}30^m$	0^m	0 Std.	225^k	100^k	$0{,}55^m$	9,36 Std.
0	4	2,75	0,5	4	154	100	1,10	5,36
0	8	2,20	1,1	4	112,5	100	1,65	1,36
0	12	1,93	3,0	2,18	0	100	1,84	0

Nach Serie 1 der Angaben würde beispielsweise ein Pferd ohne Ausübung von Zugkraft die Geschw. von $3{,}30^m$ nur auf sehr kurze Zeit entwickeln können; nach Serie 2 würde ein Pferd bei $3{,}00^m$ Geschw., die während 2 Std. 18 Min. anhält, so angestrengt werden, dass es keine oder nur eine höchst geringe Zugkraft ausüben kann; endlich würde nach Serie 3 ein Pferd die Zugkraft von 100^k bei einer Geschw. von $1{,}84^m$ nur während einiger Augenblicke zu leisten im Stande sein. Auf die nur annähernde Uebereinstimmung dieser Zahlen mit der Wirklichkeit ist bereits oben hingewiesen.

Zugkraft auf ansteigender Strasse. Ist der Neigungs-Winkel einer Strasse $= \alpha$, das Gewicht von Wagen und Ladung $= Q$, das Gewicht des Zugthiers $= G$, der Widerstands-Koeffizient der Strasse $= \mu$, die Zugkraft $= Z$, so ist für ansteigende Strassen angenähert:

$$Z = \mu Q + (G + Q) \operatorname{tang} \alpha; \quad Q = \frac{Z - G \operatorname{tang} \alpha}{\mu + \operatorname{tang} \alpha}; \quad \operatorname{tang} \alpha = \frac{Z - \mu Q}{G + Q}$$

Beim Fortschaffen von Lasten auf horizontaler Strasse ist $Z_0 = K = \mu Q$; der Summand $(G + Q) \operatorname{tang} \alpha$ drückt also denjenigen Betrag aus, um welchen für die Steigung die auszuübende Zugkraft $(= K)$ verringert werden muss, damit das Zugthier nicht höher angestrengt werde, als beim Arbeiten auf horizontalem Wege. Erfahrungsmässig kann jedoch, wenn die Steigung nicht eine bedeutende Länge erreicht, von dem Thiere zeitweilig etwa das Doppelte der normalen Zugkraft: $2(K - G \operatorname{tang} \alpha)$ und sogar $2\,K$ gefordert werden.

Die Gleichung kann durch Einführung konstanter Werthe für Z und G, und wechselnder Werthe für $\operatorname{tang} \alpha$ und μ benutzt werden, um eine Tabelle herzustellen, in welcher die für einige Werthe von μ und α sich ergebenden äquivalenten Werthe von Q zusammen getragen sind. Den Zahlen liegen die Normalwerthe $Z = 75^k$ und $G = 5 . 75 = 375^k$ zu Grunde.

Tabelle
über (äquivalente) Lasten, welche von 1 Zugthier auf Strassen mit ungleicher Befestigungsweise und mit verschiedenen Steigungen fortgeschafft werden können.

Steigung tang α =	Werthe von μ									Steigung tang α =	Werthe von μ								
	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{75}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{5}$		$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{75}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{5}$
	Lasten Q in Zentnern										Lasten Q in Zentnern								
0,000	150	113	75	45	38	30	23	15	7,5	0,022	42	38	32	24	22	19	15	11	6,0
0,002	124	99	68	43	35	29	22	15	7,4	0,025	38	35	29	23	20	18	14	10	5,8
0,004	105	87	61	40	33	27	21	14	7,2	0,028	34	31	27	21	19	17	14	10	5,7
0,008	80	69	51	35	30	25	20	13	6,9	0,033	29	27	24	19	17	15	13	9,4	5,4
0,010	71	62	48	33	29	24	19	13	6,8	0,040	24	23	20	16	15	13	11	8,6	5,0
0,012	64	56	44	31	27	23	18	13	6,6	0,050	19	18	16	14	13	11	10	7,5	4,5
0,016	53	48	38	28	25	21	17	12	6,4	0,066	13	13	11	10	9,5	8,7	7,6	6,1	3,8
0,020	45	41	34	26	23	19	16	11	6,1	0,100	6,8	6,6	6,3	5,6	5,3	5,0	4,5	3,8	2,5

Verhältnisse beim Bergabfahren. Wenn man hierbei die abwärts gerichteten Komponenten von G und Q nach rein statischen Prinzipien berücksichtigen wollte, so würde dies der Eigenartigkeit des thierischen Motors nicht entsprechen. Erfahrungsmässig wird letzterer durch das sog. Aufhalten je nach dem Grade der Gewohnheit in einer Weise beansprucht, die innerhalb sehr weiter Grenzen wechselt; eine mathematische Fassung dieser Leistung ist daher unmöglich. Es spielen überdem hierbei die Rücksichten auf Verkehrssicherheit der Strasse, die den Gebrauch von Bremse oder Hemmschuh erforderlich machen, eine Hauptrolle. — Pferde, welche auf das Aufhalten eingeübt sind, sollen 30—50^k Aufhalte-Kraft entwickeln können, d. h. etwa 0,4—0,8 ihrer normalen Zug-Kraft.

II. Tracirung.

1. Chausseen und Landstrassen.

Aufgabe ist: Die Feststellung der zweckmässigsten Führung einer Chaussee etc. zwischen 2 gegebenen Endpunkten, wobei es sich a) um die zu berührenden Zwischenpunkte, b) um die Krümmungs- und Steigungs-Verhältnisse handelt.

Zwischenpunkte. Die Wahl der Zwischenpunkte ist, soweit der freien Bestimmung darüber nicht durch Bedingungen lokaler Art präjudizirt ist, abhängig von der Grösse des Durchgangs-, wie des Seiten-Verkehrs. Ist die Zahl der Zwischenpunkte > 1, so gestaltet sich die Aufgabe, die Trace durch ein rein mathematisches Verfahren — graphisch oder analytisch — fest zu legen, selbst in dem Falle, dass Verschiebungen derselben Aenderungen der Baukosten nicht zur Folge haben, zu einer so umständlichen, dass man vorziehen wird, die Aufgabe auf dem Wege der Annäherung, d. i. durch vorläufige Annahme bestimmter konkurrirender Linien und nähere Untersuchung jeder einzelnen derselben, zu lösen. Relativ nur geringe Schwierigkeiten bietet das exakte Verfahren dagegen in dem Falle, dass ausser den beiden Endpunkten nur 1 seitwärts liegender Punkt zu berücksichtigen bleibt, indem dann die einfache Aufgabe voliegt, die Abweichung zu bestimmen, welche die Trace von einer (bezw. allen 3) Dreieckseiten erhalten muss, damit die zu bewältigenden Transporte ein Kosten-Minimum bedingen.

Die Gesammt-Transportkosten, welche eine Gütermenge $= Q$ (Ztr.) verursacht, die über eine Strassenlänge $= L$ pro Jahr zu bewegen ist, bestimmen sich wie folgt:

Wenn durch 1 Pferd pro Tag a (Ztr.) n (Km) weit fortgeschafft werden können, so sind: $\frac{Q\,L}{a\,n}$ Pferde-Tage und $\frac{Q\,L}{2\,a\,n}$ 2spänn. Wagen-Tage erforderlich, und unter Annahme, dass die Wagen pro Jahr 300 Tage in Dienst sind, $\frac{L\,Q}{600\,a\,n}$ Wagen, deren Beschaffung nebst Bespannung und incl. Verzinsung und Amortisation des Kaufkapitals: $\frac{Q\,L}{600\,a\,n}(W + 2\,P)$ erfordert. Wenn ferner A die Neubaukosten pro Km Strassenlänge sind, so betragen die Gesammt-Auslagen für die erforderlichen Neu-Beschaffungen:

$$L\left[A + \frac{Q}{600\,a\,n}(W + 2\,P)\right]$$

welchen die Unterhaltungskosten der Pferde nebst Fuhrmannslohn, sowie die Unterhaltungs-Kosten der Strasse selbst hinzu treten. Wenn diese Kosten bezw. mit p (pro Pferdetag), w (pro Fuhrmannstag) und u (pro Km), wobei in u die Verzinsung des Neubau-Kapitals der Strasse einzurechnen ist, bezeichnet werden, so sind die Gesammtkosten der Unterhaltung, auf Kapital-Betrag erhoben:

$$c\, L \left\{\frac{Q}{a\,n}(w+p)+u\right\}$$

wobei c zu 20 bis 33 anzunehmen ist.

Die Gesammtkosten der Strasse sind hiernach allgemein:

$$K = L\left[A+\frac{Q}{600\,a\,n}(W+2P)+c\left\{u+\frac{Q}{a\,n}(w+p)\right\}\right]$$

Die Bestimmung der Tagesleistung eines Zugthiers in demjenigen Projekts-Stadium, wo vorstehende Gleichung den Hauptwerth besitzt, wird meist auf Grund von vorläufig angenommenen Längenprofilen geschehen müssen. Diese vorläufigen Annahmen haben sich gewissen praktischen Rücksichten anzubequemen, welche theilweise bereits sub I (S. 170) berührt worden sind, über welche aber hier noch etwa das Folgende nachzutragen ist:

In allen Ländern sind gewisse Steigungen von Strassen — nebst zugehörigen Längen — als Maxima gesetzlich festgesetzt. In Preussen gelten als solche bei Gebirgsstrassen 50‰, im Hügellande 40‰, im Flachlande 25‰; in Hannover sind die betr. Zahlen 41, 33 und 25‰. — Bei sehr kurzen Strecken, z. B. in Brückenrampen, kommen Steigungen von 60‰ und, unter beschränkenden Umständen, selbst noch grössere vor; von besonderem Einfluss hierauf ist die Befestigungsart der Strasse. — Steigungen von beträchtlicher Länge sind nach dem oberen Ende hin zu ermässigen. Die preuss. Vorschriften z. B. setzen fest, dass bei anhaltenden Steigungen von mehr als 30m Gesammthöhe, wenn eine stärkere Steigung als 40‰ angewendet wird, auf jeder folgenden Höhe von 30m die Steigung um mindest. 5‰ verringert werden soll, so lange bis die Steigung auf 40‰ gesunken ist. Ist es nicht thunlich, die Maximal-Steigung auf grössere Längen zu vermeiden, so sollen in Abständen von 600 bis 800m Ruheplätze, denen höchstens 10‰ Steigung zu geben ist und welche mind. 30m lang sein müssen, angelegt werden.

Theoretische Untersuchungen ergeben, dass die Steigungs-Ermässigung nach einer parabolischen Linie ausgeführt werden müsste; einige Autoren (Launhardt) beweisen theoretisch, dass für den Arbeitsaufwand die gleichmässig durchgeführte Steigung die günstigste ist. In jedem Falle wird es geboten sein, für lange Strecken geringere Steigungen zu wählen als für kurze; von besonderem Einfluss hierauf ist die Schnelligkeit, mit welcher der Verkehr sich bewegt, und die Beschaffenheit der Strassen-Oberfläche (Widerst.-Koeffizient μ). —

Aus den S. 178 entwickelten allgemeinen Gleichungen für den Bedarf an Zugkraft auf geneigten Strassen lässt sich nach Einführung des Werthes von K (wenn tang α und μ bekannt sind) die Tagesleistung $a\,n$ eines Zugthiers bestimmen. Die fortschaffbare Last (incl. Wagengewicht) ist nämlich:

$$Q = \frac{k\left(3-2\frac{v}{c}\right)-G\,\mathrm{tang}\,\alpha}{\mu+\mathrm{tang}\,\alpha}$$ welche die Bedingung implizirt $\frac{v}{c}=\frac{z}{t}$

Der Klammer-Faktor von k, der die Zugkraft darstellt, ist bekannt, da die Unbekannte v passend angenommen wird. Es steht nach der betr. Angabe S. 178 unter Umständen nichts im Wege, v so anzunehmen, dass der Klammerfaktor von k den Werth $= 2$ annimmt $\left(\frac{v}{c} = \frac{0,5}{1,0}\right.$ und hierfür ebenfalls $\left.\frac{z}{t} = \frac{0,5}{1,0}\right)$. Für diese Annahme wird:

$$Q = \frac{2\,k - G \tan \alpha}{\mu + \tan \alpha} \text{ und } \tan \alpha_{\max} = \frac{2\,k - \mu Q}{G + Q}$$

Für die horizontale Strasse ist aber $\mu Q = k$ und hiernach

$$\tan \alpha_{\max} = \frac{k}{G + Q} = \mu \frac{Q}{G + Q}$$

Die entwickelten Gleichungen bieten das Mittel, die für jede einzelne, steigende und horizontale Strassenstrecke sich ergebende Tagesleistung von 1 Zugthier zu bestimmen, womit die gestellte Aufgabe im allgemeinen gelöst ist. Für Bergabfahren sind die Bemerkungen S. 170 und 179, sowie das weiterhin Folgende zu beachten.

Der Ausdruck für $\tan \alpha_{\max}$ enthält mehre Sätze, nämlich:

a) dass der Grenzwerth der Steigung (für nicht lange Strecken) gleich ist dem Widerstands-Koeffizienten μ ($\tan \alpha_{\max} = \mu$).

b) dass, je vollkommener die Bahn, d. h. je kleiner μ ist, um so geringer die Steigung genommen werden muss, damit die auf der Horizontalen transportirbare Last auf der Steigung nicht den Gebrauch von Vorspann erforderlich mache.

c) dass diejenige Steigung, die ein Pferd ohne irgend welche Zugkraft auszuüben, noch ersteigen kann, bestimmt ist durch:

$$\tan \alpha_0 = \frac{75}{G + 0} = \frac{75}{5 \cdot 75} \text{ bis } \frac{75}{4 . 75} = \frac{1}{5} \text{ bis } \frac{1}{4}$$

Aus der allgemeinen Gleich. für die Zugkraft Z (S. 178) kann derjenige (extreme) Werth von $\tan \alpha$ ermittelt werden, welcher einzuhalten ist, damit die Bergab-Fahrt ohne Inanspruchnahme der Aufhalte-Kraft der Zugthiere oder Gebrauch von Bremse oder Hemmschuh noch möglich ist. Hierfür folgt:

$$0 = \mu Q - (G + Q) \tan \alpha; \text{ oder } \tan \alpha_n = \mu \frac{Q}{G + Q}$$

oder angenähert $\tan \alpha_n = \mu$. —

Der Gegenstand der sogen. „kommerziellen Tracirung" ist ausführlicher in mehren Artikeln behandelt, welche von Launhardt in den Jahrg. 1869, 70 und 72 der Zeitschr. d. hann. Arch.- u. Ing.-Ver. publizirt sind und auf welche hier zu verweisen ist. Die Zahlen der S. 178 mitgetheilten Tabelle, wie auch die obigen Betrachtungen lassen unmittelbar erkennen, dass die Grösse der thierischen Leistung in höherem Maasse von der Beschaffenheit als von der Steigung der Strasse abhängt. Hieraus folgt die Nothwendigkeit, bei Projektirungen zunächst das Befestigungs-Material und alsdann erst das Längenprofil der Strasse in Betracht zu ziehen.

Für die ersten rohen Vergleiche bei der Tracirung von Strassen im Gebirgslande, wo die Ersetzung kurzer starker Steigungen durch Umwege in Frage kommen kann, wird eine von Umpfenbach gegebene praktische Regel benutzt werden können, zufolge welcher, wenn die Höhendifferenz H zu überwinden ist, mit gleichem Erfolg für das Erforderniss an Zugkraft folgende Umwege (über die mit direkter Führung gedachte steigende Länge hinaus) zulässig sind: Für leichtes Fuhrwerk $u = 10\,H$, für schweres $u_1 = 18\,H$ und für Fuhrwerk beiderlei Art, welches in etwa gleicher Zahl vorkommt, $u_2 = 15\,H$.

Krümmungshalbmesser. Bei diesem finden nur verhältnissmässig geringe Beschränkungen statt. Ist die Breite der Steinbahn $= B$, der Radstand der Fuhrwerke $= s$, die Länge derselben (incl. Bespannung) $= L$ und der — innere — Radius der Steinbahn $= R$, so muss, damit nicht das äussere Rad und das aussen gehende Zugthier die Steinbahn beim Passiren der Kurve zu verlassen brauchen, die Bedingung erfüllt sein:

$$R \geqq \frac{L^2 + s^2 - B^2}{2(B - s)}; \text{ angenähert } R \geqq \frac{L^2}{2B}$$

Für 4spänniges Fuhrwerk kann $L = 15^m$ angenommen werden; für einige übliche Steinbahnbreiten ergeben sich dann folgende Werthe:

$B = 3{,}5^m$, $R = 32{,}0^m$	$B = 4{,}5^m$, $R = 25{,}0^m$	$B = 5{,}5^m$, $R = 20{,}0^m$
$B = 4{,}0^m$, $R = 28{,}0^m$	$B = 5{,}0^m$, $R = 22{,}5^m$	$B = 6{,}0^m$, $R = 19{,}0^m$

Die „Technische Anweisung für die hann. Kunststrassen" setzt als Minimalhalbmesser für eine $3{,}5^m$ breite Steinbahn 36^m fest. Für preussische Chausseen ist in dem Zirkular-Erlass v. 17. Mai 1871 vorgeschrieben, dass bei einem Radius der Mittellinie der Strasse $\leqq 75^m$ auf eine angemessene Verbreiterung der Strasse bezw. der Steinbahn Bedacht genommen werde.

Da Pferdebahn-Gleise im Nothfall einen Halbmesser von 15^m vertragen, so sind die angegebenen Radien auch für Strassen mit betr. Anlagen vollkommen ausreichend. —

Breite der Chausseen und Landstrassen. Wenn auch im allgem. von der Frequenz abhängig, ist dieselbe doch vorwiegend durch Rücksichten anderer Art bestimmt; z. B. Breite (und Länge) der vorzugsweise verkehrenden Fuhrwerke, Art des Verkehrs, Beschaffenheit des Fahrbahnmaterials, Belegenheit der Strasse (entweder in unmittelbarer Nähe von Städten oder weit entfernt von solchen), Steigungsverhältnisse, Art des Reparatur-Betriebes und der Zuführungsweise und Asservirung der dazu erforderlichen Materialien, Kostspieligkeit des Terrains und der baulichen Ausführung, sicherheitliche Rücksichten und endlich besondere Rücksichten, die unter Umständen hinzu treten können. Wesentlich bestimmend ist die Entscheidung der Fragen, ob a) ein Sommerweg anzulegen sei oder nicht, und b) ob der Unterhaltungsbetrieb der Steinbahn in kurze Zeitperioden zusammen gedrängt werden kann, oder ob derselbe fortlaufend geführt wird.

Zu a. Da wo Reitverkehr oder ländlicher Verkehr nicht unwesentliche Rollen spielen, ist der Sommerweg unentbehrlich, es sei denn, dass die Beschaffenheit der Steinbahn als nicht ungünstiger oder unsicherer für den Auftritt der Zugthiere angesehen werden kann, als die Oberfläche eines Sommerwegs. — Bei Strassen im Hügellande und mässig ansteigenden Gebirgsstrassen bietet bei thalwärts gerichteten Fahrten der Sommerweg grosse Bequemlichkeiten. Im Verkehr auf eigentlichen Gebirgsstrassen sind Geschirre und Wagen auf das Befahren der Steinbahnen selbst von stark fallenden Strassen genügend eingerichtet. — Auf Strecken mit anfänglich schwachem Verkehr bietet bei erheblicher Zunahme desselben ein Sommerweg das Mittel, eine nachträgliche Verbreiterung der Steinbahn ohne erheblichen Kostenaufwand durchführen zu können.

Zu b. Werden die erforderlichen Reparaturen auf kurze Zeiten im Frühjahr oder Herbst zusammen gedrängt, wobei dann der Regel nach die Dichtung der Decke durch eine Walze stattfinden wird, so kann die Zuführung des Reparaturmaterials mit der Ausführung der Reparatur unmittelbar verbunden werden; in diesem Falle braucht

ein sonst nothwendiges Materialienbanket nicht vorhanden zu sein. —

Grenzwerthe von Chausseebreiten sind 5,0 und 15^{m}. Bei 5^{m} Breite kommen auf die Steinbahn etwa 3,7^{m}, der Rest kommt auf Fussweg und Materialienraum.

Bokelberg giebt als bewährte Abmessungen die folgenden an:

	Breiten von mit Obstbäumen bepflanzten Chausseen			
	1. Ranges	2. Ranges	3. Ranges	untergeordneten Ranges
Steinbahn	5,8—7,0 m	4,7—5,3 m	4,1—4,1 m	3,5—4,1 m
Sommerweg . . .	4,7—5,3	4,4—4,7	3,8—4,4	3,2—3,8
Fussweg	2,3—2,9	2,1—2,3	2,1—2,1	2,1—2,1
Zusammen	12,8—15,2	11,2—12,3	10,0—10,6	8,8—10,0

In Preussen gilt die Breite von 9^{m} im allgem. als Minimum; für Ausführung geringerer Breiten (selbst solcher, die auf bestimmte Stellen beschränkt werden) ist ministerielle Genehmigung vorbehalten. Die in Preussen gebräuchlichsten Breiten etc. giebt nachstehende Tabelle — in Metern — an:

Steinbahn	5,0	4,5	4,5	4,5	4,0	5,6	5,0	5,0	4,5	4,5	4,5
Sommerweg	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5	—	—	—	—	—	—
Materialien-Bankett	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,8	1,5	1,8	1,5	1,5
Fussgänger-Bankett	1,6	1,0	1,0	0,5	1,0	1,4	1,2	1,0	1,2	1,5	1,0
Zusammen . . .	11,5	10,0	9,5	9,0	9,0	9,0	8,0	7,5	7,5	7,5	7,0

Vorschriften über Tracirungen. Nach den in Preussen geltenden Vorschriften vom 17. Mai 1871 ist die Höhe der Strassenkrone mindest. 0,6^{m} über den bekannten höchsten Wasserstand zu legen. (Andernorts geltende Vorschriften sind weniger rigorös und zweckentsprechender, indem sie vorschreiben, dass die Kronenkante vom Hochwasser nicht erreicht werden darf.)

Horizontale Strecken — die wegen gehemmten Wasserablaufs ungünstig sind — sind nur in freier Lage und bei einer besonders guten Entwässerung zulässig.

Diejenige Richtung der Strasse, welche mit dem Ortsmeridian den kleineren Winkel bildet, ist unter 2 zu vergleichenden Richtungen im allgemeinen die vortheilhaftere. —

Ueber die äussere Behandlung der Projekte zu Strassenbauten bestehen in Preussen folgende Vorschriften (Ministerial-Erlass v. 17. Mai 1871):

Darstellung eines Strassenprojekts. 1 Uebersichtskarte im Maasstab von 1:20000 — 1:200000 und Detailpläne im Maasstab von 1:625 — 1:5000. Die Environs sind mindestens bis auf 100^{m} Breite zu jeder Seite des Strassenmittels einzutragen. Züge von mehr als 5^{Km} Länge sind in mehre Karten-Sektionen zu zerlegen; an jedem Ende sind die Auftragungen um 3 Stationen (von je 100^{m} Länge) über die Anschlusslinie hinaus zu erstrecken; diese überschiessenden Theile sind unkolorirt zu lassen. — Maasstäbe für Nivellements: In der Regel 1:5000 für die Längen und 1:200 für die Höhen; Querprofile in 1:200; Normalprofile der Anlage in 1:100. — Maasstäbe für Bauwerke: Für Durchlässe und Brücken bis 50^{m} l. W. 1:100, für grössere Brücken ist ein kleinerer Maasstab zulässig; für komplizirte Details sind die Maasstäbe von 1:50, 1:25 und 1:10 anzuwenden. Für Dienstgebäude, Futtermauern und ähnliche Werke ist 1:100 ausreichend.

2. Grundzüge der Plangestaltung von Stadterweiterungen und städtischen Strassen.

Allgemeines. Es ist erwünscht, dass bei jeder grösseren Stadt-Erweiterung für eine gewisse Gruppirung der zukünftigen Bewohnerschaft gesorgt werde, bei welcher Fabrikanten und Grosshandwerker, Kaufmanns- und Handelstand und endlich der ganze übrige Theil der Bevölkerung eigene Bauviertel zugewiesen erhalten. Die relative Lage der 3 Gruppen ist meist schon durch lokale Verhältnisse bestimmt; wo dies nicht der Fall ist, kann man eine durch die Erfahrung vielfach bestätigte Regel anwenden, nach welcher der Industrie die Ostseite einer Stadt zufallen soll, aus dem Grunde, dass bei der östlichen Lage die Ausdünstungen am schnellsten und ohne Belästigung des westlich liegenden Stadttheils in die Atmosphäre entweichen.

Der Besonderheit der Verkehrsmittel, welche jedes einzelne

Stadtviertel nach seiner Bewohnerschaft bedarf, ist bei der Plangestaltung mindestens in der Weise Rechnung zu tragen, dass der Zukunft die Möglichkeit gewahrt bleibt, die nöthigen Anlagen unschwer einzurichten, wenn solche etwa nicht schon von vorn herein zur Ausführung kommen.

Zur Fixirung der Eigenthumsverhältnisse bedarf jeder Stadterweiterungs-Plan der Sanktion durch Gesetz Um der Gefahr zu begegnen, den in der Zukunft liegenden Wechseln und Möglichkeiten von Abänderungen vorzugreifen, empfiehlt es sich, die Bearbeitung eines Stadtplans auf die Haupt-Linien und Punkte zu beschränken und die Detailausbildung der Zukunft zu überlassen.

Entsprechend den im Vorstehenden berührten Haupt-Gesichtspunkten sind von der 1. Versammlung des Verbandes d. Archit. und Ing.-Vereine in Berlin, 1874, folgende 3 Resolutionen beschlossen worden:

1. Die Projektirung von Stadterweiterungen besteht wesentlich in der Feststellung der Grundzüge aller Verkehrsmittel: Strassen, Pferdebahnen, Dampfbahnen, Kanäle, die systematisch und deshalb in einer beträchtlichen Ausdehnung zu behandeln sind.
2. Das Strassennetz soll zunächst nur die Hauptlinien enthalten, wobei vorhandene Wege thunlichst zu berücksichtigen, sowie solche Nebenlinien, welche durch lokale Umstände bestimmt vorgezeichnet sind. Die untergeordnete Theilung ist jeweils nach dem Bedürfniss der näheren Zukunft vorzunehmen oder der Privatthätigkeit zu überlassen.
3. Die Gruppirung verschiedenartiger Stadttheile soll durch geeignete Wahl der Situation und sonstiger charakteristischer Merkmale herbeigeführt werden, zwangsweise nur durch sanitarische Vorschriften über Gewerbe.

Bebauungsdichte, Antheile am Stadtterrain für verschiedene Zwecke etc. An Grundfläche entfallen pro Kopf der Bevölkerung: bei sehr dichter Bebauung 10—20, bei dichter Bebauung 20—40, bei mässiger Bebauungsdichte 40–80, bei geringer Bebauungsdichte 80 □m und mehr.

Nach den Antheilen, welche verschiedenen Zwecken gewidmet sind, zerfällt ein Stadtterrain in 3 Gruppen, mit folgenden prozentigen Antheilen an der Gesammtfläche:

1. Gruppe: Strassen, Plätze, Parks, Wasserflächen 25—70 %
2. Gruppe: Mit Gebäuden bedeckte Flächen . . 20—40 „
3. Gruppe: Unbedeckter Theil der Grundstücke: Hofräume, Hausgärten etc. . . . . . 10—35 „

Folgende Tabelle giebt die Grösse der Flächen, welche in verschiedenen Theilen der Stadt Berlin der Gruppe 3 (Hausgärten etc.) zugehören, näher an:

Stadt-Gegend.	Es entfallen □m Garten- etc. Fläche: pro 1 bebautes Grundstück			pro 1 Haushaltung			pro 1 Kopf der Bewohnerschaft		
	Min.	Max.	Dschn.	Min.	Max.	Dschn.	Min.	Max.	Dschn.
Ganze Stadt (exclusive Thiergarten-Terrain) .	12,5	1476	400,7	2,7	346	31,2	0,6	65	6,9
Innerer Stadtkern	12,5	57	36,8	2,7	11	5,2	0,6	21	1,1
Den Stadtkern umschliessende Theile . .	144	824	316	11,3	346	25,7	2,6	65	5,7
Uebrige Theile	111	1476	575	9,8	138	39,1	2,0	28	8,8

Die Gesammtgrösse an Stadtterrain, welche in Berlin pro 1 Kopf der Bevölkerung in den einzelnen Stadttheilen entfällt, wechselt zwischen 16 und 400 □m und beträgt im ganzen Durchschnitt 80 □m.

Blockgrösse. Von dieser insbesondere ist, bei sogen. geschlossener Bebauung, die Bevölkerungsdichte eines Stadtviertels abhängig und unter den beiden Abmessungen der Blöcke: Tiefe und Länge, ist es vornemlich die erstere, welche bestimmend auftritt. Grosse Blocktiefe giebt relativ geringe Frontlängen und vermindert die Bebauungsdichte, ist aber erschwerend für den Verkehr, für Reinlichkeitszwecke, Feuerlöschwesen u. s. w.; der Widerstreit dieser Rücksichten kann am besten durch gruppenweise Trennung der Bewohnerschaft (s. oben) ausgeglichen werden.

Bei allseitiger Umbauung kommen Blocktiefen von 80—320 m vor; zweckmässige Tiefen liegen zwischen 120 und 240 m. Die Blocktiefe ist vornemlich durch den Zweck, die Bebauungsart, die Lage etc. der umgebenden Strassen bedingt. Der Charakter der Strassen, der Verkehrsumfang und anderes spielen hier eine Rolle; so z. B. wirkt auch die Thatsache ein, dass für gleiche Verkehrsgrösse zwei nahe zusammen liegende engere Strassen einer einzigen breiteren meist vorzuziehen sein werden. Auf die Länge der Blöcke wirken ein: a) Verkehrsrücksichten, insofern als dieselben ein möglichst gerades Alignement und Freiheit von Störungen an Ecken und Kreuzungen fordern; b) die Höhengestaltung des Terrains insofern, als schwache Neigung der Strassen günstiger als horizontale Lage und starke Steigungen sind, und als Strassen mit Gefällwechsel ein weniger gutes Aussehen als solche ohne Gefällwechsel gewähren; c) ästhetische Rücksichten, welche Unterbrechungen langer, gerader Strassenzüge erwünscht machen; endlich d) Richtung der Strassen gegen den Ortsmeridian; zu diesem Punkte ist aus gesundheitlichen Rücksichten ein Strassennetz am erwünschtesten, in welchem Südost-Nordwest-Strassen von Nordost-Südwest-Strassen gekreuzt werden.

Für Haupt- und lange Neben-Strassen soll in preuss. Städten vorschriftsmässig ein Längengefälle, welches bezw. 20 und 25 ‰ nicht überschreitet, angestrebt werden. — In Brücken-Anrampungen kommen Steigungen bis etwa 70 ‰ vor.

Planschema. Obwohl dasselbe in den meisten Fällen von lokalen Rücksichten vorgezeichnet sein wird, liegen dennoch so viele Gemeinsamkeiten vor, um bei einer Stadterweiterung eines der 3 nachstehend charakterisirten Systeme in mehr oder minderer Vollständigkeit durchführen zu können:

1. Das Rechteck- oder Parallel-System, bei dem die eingeschlossenen Blöcke Parallellogramme bilden. Das System, bequem für die Bebauung, hat folgende Mängel: Auf welligem Terrain werden sich meist nur die Extreme der Neigungen (horizontale und stark geneigte Strassen) ergeben; der Verkehr hat relativ lange Wege (nach den beiden Katheten eines Dreiecks) zu machen; die Erscheinung der Stadt wird monoton sein. Gut anwendbar ist das System nur bei relativ kleinem Terrain oder bei grosser Gestrecktheit desselben.

2. Das Dreiecksystem. Verkehrs-Knotenpunkte fixiren Dreiecke, welche eine rechteckige Untertheilung erhalten. Lässt man die Untertheilung von einem Dreieck in ein benachbartes übergehen, so entsteht ein Rechtecksystem mit durchgelegten Diagonalen. Bequemlichkeit für den Verkehr und relativ leichte Erzielung einer befriedigenden Erscheinung der Stadt sind Vorzüge, denen einige Schwierigkeiten bei der Bebauung gegenüber stehen. Am meisten geeignet ist das System für Neuschöpfungen grossen Umfanges, weniger gut für Erweiterungen, weil bei diesen die freie Wahl der Dreieckspunkte durch den Anschluss an Bestehendes meist beeinträchtigt sein wird.

3. Das Radialsystem. Radiale und ringförmige Strassenzüge. Bequemlichkeit für den Verkehr und die Bebauung, Expansionsfähigkeit und leichter Anschluss an lokale Verhältnisse machen das System insbesondere für Stadt-Erweiterungen meist empfehlenswerth.

Strassenbreiten. Für Preussen sind in den Vorschriften vom 28. Mai 1876 folgende Breiten als „in der Regel nicht zu unterschreitende" hingestellt: Für Hauptverkehrs-Strassen 30 m, lange Nebenstrassen 20 m, alle übrigen Strassen 12 m. Der D. Verein für öffentl. Gesundheitspfl. strebt bezw. 25, 20 und 15 m Breite an.

Folgende Breiten werden — abgesehen von Ausnahmefällen — in einigen Städten eingehalten: Hamburg 29 bis 17 m, Berlin 30 bis 19 m, Dresden 28 bis 17 m.

Fig. 360. Fig. 361.

Strassenbreite und Umbauungshöhe sind aus gesundheitlichen Rücksichten an mehren Orten derart in Beziehung gesetzt, dass die Höhe H mit der Breite B übereinstimmt, oder diese nur um ein Geringes überschreitet. Fig. 360 stellt das vom D. Verein f. öffentl. Gesundheitspflege empfohlene Profil, Fig. 361 das in Hamburg erlaubte Profil (mit $H = B + 6$ m) dar.

Die Breite von Haupt-Verkehrsstrassen muss darnach bemessen werden, um für Pferdebahn-Anlagen ausreichend zu sein. Diese sind in Nothfällen mit 15 m Radius und Steigungen bis 50 ‰ noch verträglich, während als Breiten für 1 Gleis 2,5 m, für Doppelgleise 4,0 m (besser 4,4 m) genügen. Zu jeder Seite eines Gleises muss ein Streifen von nicht unter 2,5 m Breite für den sonstigen Verkehr verbleiben, so dass als Minimal-Strassenbreiten erforderlich sind: bei 1gleisiger Bahn 7,5 m, bei 2gleisiger 9,0 m. In Belgien ist schon für Strassenbreiten von nur 5,3 m die Anlage einer Pferdebahn gestattet und dort, wie auch in deutschen Städten, kommen Doppelgleise in Strassen von 8 m und selbst nur 7,5 m Breite vor.

Aus der Verkehrsgrösse kann die erforderliche Breite einer Strasse nach der allgemeinen Formel:

$$B = b_0 \frac{Z_{max}\, l_0}{3600\, v} + m$$

kontrollirt werden, in welcher b_0 die Breite der passirenden Fuhrwerke + einem Zuschlage von nicht unter 0,5 m, l_0 die Länge von Fuhrwerk und Bespannung + einem Zuschlag von 1—5 m, Z_{max} das Stundenmaximum des Verkehrs, v dessen mittlere Geschwindigkeit und m eine Zusatzbreite bezeichnen, die für das seitliche Halten von 1 (bezw. 2) Fuhrwerks-Reihen erforderlich ist. — Die Gesammtbreite einer Strasse beträgt bei normaler Ausbildung das 1,5—2,0fache der Fahrbahnbreite, näher bestimmt das 1,6 bis 1,8fache.

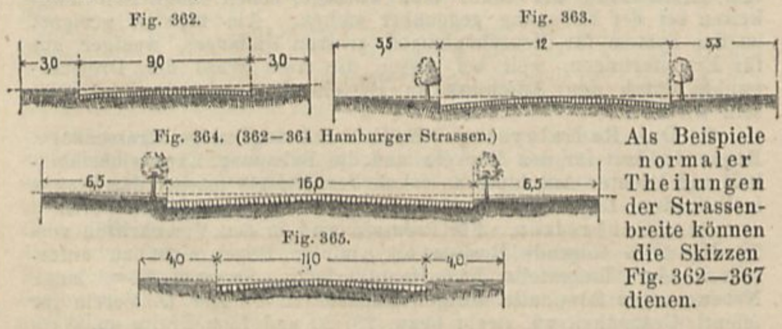


Fig. 362. Fig. 363. Fig. 364. (362—364 Hamburger Strassen.) Fig. 365.

Als Beispiele normaler Theilungen der Strassenbreite können die Skizzen Fig. 362—367 dienen.

Beispiele für Theilungen, die von den dargestellten abweichen, geben die Skizzen Fig. 368 bis 371, welche von Hamburger und Berliner vorstädtischen Strassen entnommen sind; in den Anlagen Fig. 369 und 370 ist ein in der Mitte, bezw. seitlich liegender Reitweg hinzu getreten. Die Minimalbreite von Reitwegen ist etwa 2,5 m.

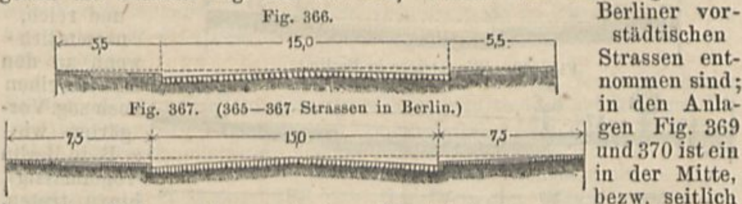


Fig. 366.

Fig. 367. (365—367 Strassen in Berlin.)

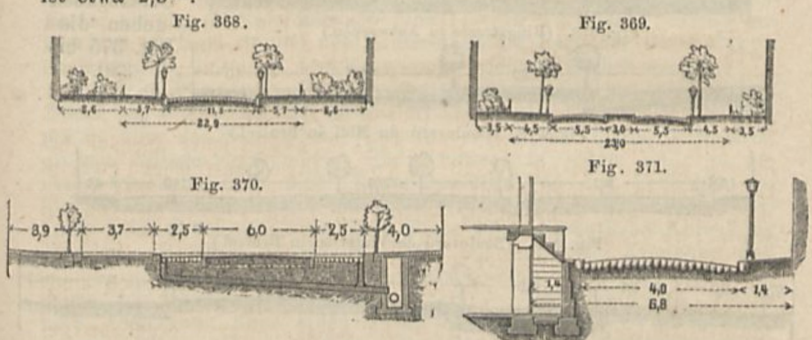


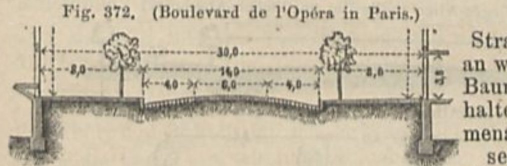
Fig. 368.

Fig. 369.

Fig. 370.

Fig. 371.

Die Skizze Fig. 371 zeigt die passende Theilung einer Strasse von sehr geringer Breite, welche an einer Seite einen lebhaften Speicher- (Magazin-) Verkehr besitzt. —


Fig. 372. (Boulevard de l'Opéra in Paris.)

Strassen von 30 m Breite an werden in der Regel mit Baumreihen besetzt und erhalten eine oder mehre Promenaden; sie führen in diesem Fall den Namen Boulevards. Die skizzirten Beispiele von Boulevards, Fig. 372—374, sind aus Berlin und aus Paris entlehnt.

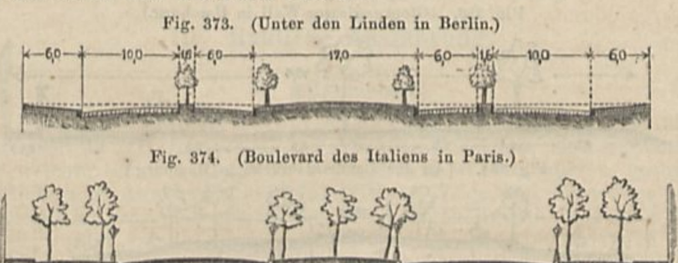


Fig. 373. (Unter den Linden in Berlin.)

Fig. 374. (Boulevard des Italiens in Paris.)

Liegen die Boulevards am Umfange der Stadt, so heissen sie häufig Ring- oder Gürtelstrassen. Ihre Ausbildung ist meist sehr

wechselvoll und reich, namentlich wenn an den Häuserreihen noch sog. Vorgärten (wie z. B. in Berlin regelmässig) hinzu treten. Beispiele mit Ortsangaben geben die Fig. 375 bis 380.

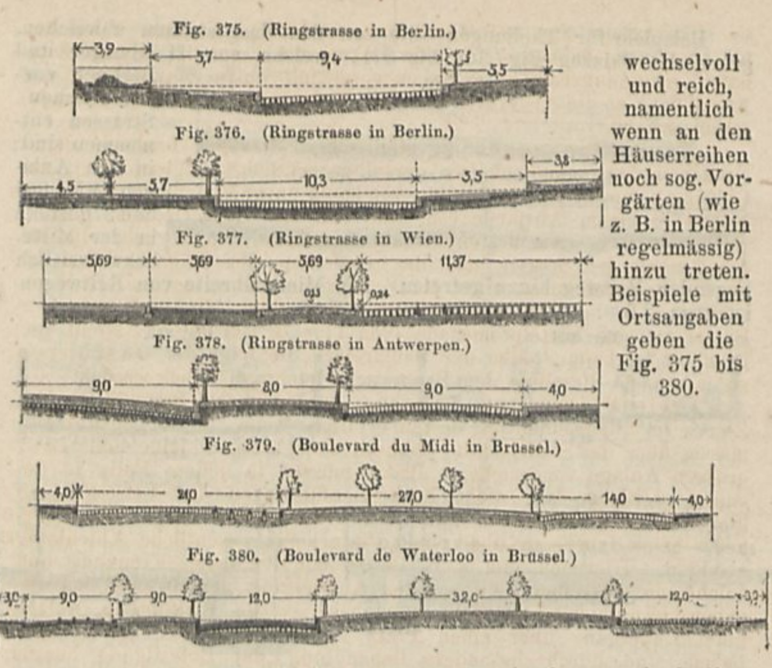


Fig. 375. (Ringstrasse in Berlin.)

Fig. 376. (Ringstrasse in Berlin.)

Fig. 377. (Ringstrasse in Wien.)

Fig. 378. (Ringstrasse in Antwerpen.)

Fig. 379. (Boulevard du Midi in Brüssel.)

Fig. 380. (Boulevard de Waterloo in Brüssel.)

Den Boulevards und Ringstrassen stehen in ihren wechselvollen, den lokalen Verhältnissen angepassten Einrichtungen diejenigen Strassen nahe, die als vornehme Verkehrsmittel für Wagen, Reiter

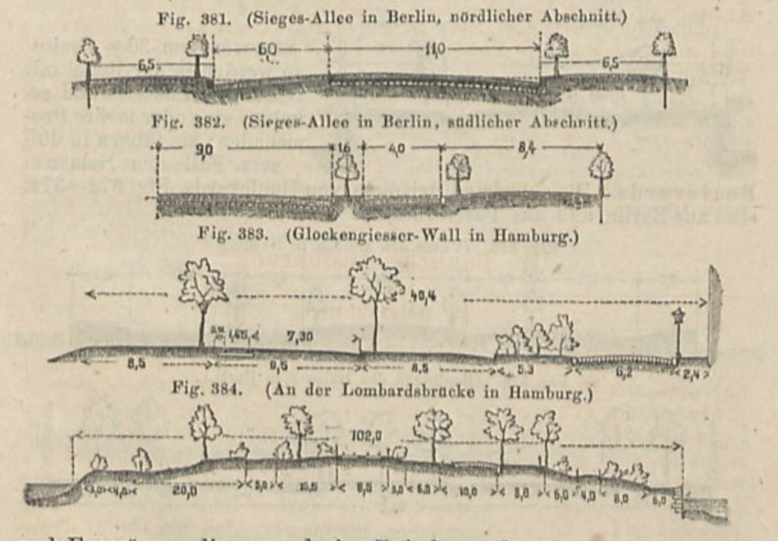


Fig. 381. (Sieges-Allee in Berlin, nördlicher Abschnitt.)

Fig. 382. (Sieges-Allee in Berlin, südlicher Abschnitt.)

Fig. 383. (Glockengiesser-Wall in Hamburg.)

Fig. 384. (An der Lombardsbrücke in Hamburg.)

und Fussgänger dienen und eine Zwischenstufe zwischen Strasse und Promenade bilden. Beispiele zeigen die Skizzen Fig. 381—384.

Die Anlage Fig. 384 dient für gewöhnlichen Verkehr aller Art, für eine Pferdebahn und für eine Lokomotiv-Eisenbahn (Hamb.-Altonaer Verbindungsbahn); ausserdem vermittelt sie in zwangloser Weise Anschlüsse an die Alsterufer mit ihren Badeanstalten und ihrem Dampfschiffsverkehr.

Baumpflanzungen in städtischen Strassen fordern, damit Nutzen und Annehmlichkeiten derselben möglichst ungeschmälert zur Geltung kommen, Strassenbreiten von kaum unter 30^{m}, damit die Baumreihen in einem Abstande von 10^{m} von den Häuserfronten gestellt werden können. Am besten für die Anwohner, den Verkehr, die Beschaffenheit der Strasse und das Gedeihen der Bäume selbst ist es, die Baumreihen an einer Mittel-Promenade zu setzen. Dies geschieht z. B. bei den neueren Strassen Berlins, die erst von 49^{m} Breite an eine Mittelpromenade (von 11^{m} Br.) erhalten. Nicht unbeachtet ist beim Stellen der Baumreihen die Lage der Gasröhren zu lassen, da dieselben dem Baumwuchs leicht gefährlich werden.

Freie Plätze und Squares werden ihren gesundheitlichen Zweck im allgemeinen am besten erfüllen, wenn sie möglichst gleichmässig über das Stadtterrain vertheilt sind; mehre kleine sind einer grossen Anlage vorzuziehen. Plätze müssen in jedem Falle so gestaltet werden, dass nicht Zusammenführungen des Verkehrs auf kleinem Raume entstehen und dass die Hauptrichtungen des Verkehrs beim Uebergang über einen Platz keine wesentliche Ablenkung erleiden. Hiernach sind z. B. Plätze mit diagonaler Kreuzung und solche, die aus einer zweiseitigen Ausweitung der Strasse sich ergeben, im allgemeinen nicht zu loben. — Die Richtungen, welche beim Uebergang über einen Platz die Fussgänger zu nehmen haben, sind durch besondere Behandlung der Befestigung heraus zu heben und bei grosser Länge einer Uebergangsstrecke sind Inseln (Perrons) anzulegen, auf welche die Fussgänger vor dem Wagenverkehr sich flüchten können und welche durch erhöhte Lage, Aufstellung von Kandelabern etc. geschützt sind. —

Ueber die formelle Behandlung von Fluchtlinien- und Bebauungsplänen ist in den preuss. Ministerial-Vorschriften vom 28. Mai 1876 bestimmt, dass zu betr. Vorlagen gehören:

a) Fluchtlinienpläne, b) Bebauungspl., c) Uebersichtspl., alle mit Horizontalkurven ausgestattet, d) Längenprofile und e) Querprofile. Der Maasstab der Pläne soll i. d. R. nicht kleiner als 1 : 1000 sein, ausnahmsweise 1 : 2500. Bei Abweichungen vom Maasstab 1 : 1000 ist für jede Strasse, deren Fluchtlinien festgesetzt werden sollen, eine besondere Zeichnung in 1 : 1000 beizufügen. — Die Profilzeichnungen sind in den Längen nach einem Maasstab zu fertigen, der mit demjen. des Situat.-Pl. übereinstimmt; die Höhen sind im Maasstab 1 : 100 zu zeichnen. — Stationirung von 100 zu 100^{m} mit Zwischenstationirung von 50^{m}. — Maasstab der Querprofile 1 : 250.

III. Bauliche Ausführung.

1. Allgemeines.

Für die Wahl des Befestigungsmittels einer Strasse sind Rücksichten der Oekonomie, der Verkehrssicherheit, der Raschheit, mit welcher Bau und Reparaturen ausgeführt werden müssen, gesundheitliche und Annehmlichkeits-Rücksichten, Lage und Umgebung etc. maassgebend; mit der getroffenen Wahl ist theilweise auch über das Querprofil, welches eine Strasse zu erhalten hat, entschieden.

Selten erhält gegenwärtig eine Fahrbahn noch eine Wölbung nach der Kreislinie; meist wird die mittlere Zone derselben etwas abgeplattet und nur die seitlichen Streifen werden nach der Kreislinie geformt. Bei Befestigungsmitteln von grosser Glätte entfällt die Wölbung ganz und es wird die Bahn im Querschnitt nach 2 gegen

einander geneigten Ebenen geformt. Gossen zu den Seiten der Bahn können auf die Querschnittsform derselben in dem Sinne einwirken, dass sie zu einer Ermässigung des sonst wünschenswerthen Quergefälles Veranlassung geben.

Einige Querprofile für Pflaster- und Steinschlagbahn, Holzpflasterung und Asphaltbahn sind in Fig. 385—388 skizzirt.

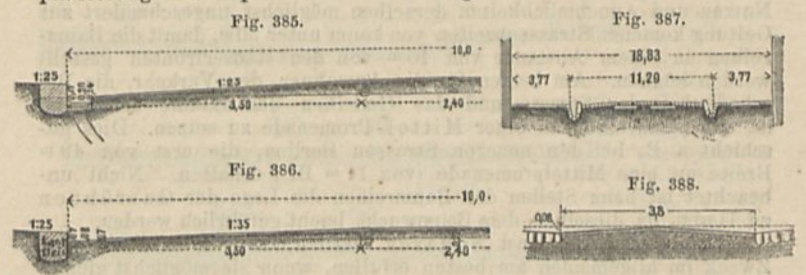


Fig. 385. Fig. 387. Fig. 386. Fig. 388.

Mittelwerthe des Quergefälles (für gleichförmige Vertheilung berechnet) sind für die hauptsächlichsten Strassenbefestigungs-Materialien in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

Neigung im Längenprofil	Steinschlag-Bahn	Pflaster-Bahn	Holzpflaster-Bahn	Klinker-Bahn	Asphalt-Bahn	Sommerweg
0 ‰	70 ‰	50 ‰	40 ‰	30 ‰	15 ‰	50 ‰
0—35 ‰	55 „	40 „	30 „	15 „	5 „	35 „
35 ‰ u. mehr	40 „	30 „	20 „	—	—	15 „

Bei Fusswegen ist das Quergefälle von 40 ‰ schon etwas unbequem und empfiehlt es sich, über etwa 30 ‰ für gewöhnlich nicht hinaus zu gehen.

2. Strassen in freier Lage (Chausseen, Landstrassen).

Es treten im allgemeinen nur 3 Fahrbahnarten in Konkurrenz: a) Steinschlagbahnen, b) Pflasterbahnen, c) Klinkerbahnen. Die Steinschlagbahn ist für leichten und raschen Verkehr der Pflasterbahn vorzuziehen, steht ihr aber nach in Bezug auf Schmutz- und Staubbildung und in der Umständlichkeit, welche die Ausführung von Reparaturen bedingt. Für nassen Untergrund ist Pflasterbahn, für unsicheren Steinschlagbahn im Vorzuge. Klinkerbahn tritt mit Pflaster- und Steinschlagbahn nur in solchen Gegenden in ernsthafte Konkurrenz, wo natürliches Gestein hoch im Preise steht und die Strassen im allgemeinen nur leichten Verkehr haben; beides trifft häufig in Küstengegenden zu. — Eine Abwechselung zwischen Steinschlag- und Pflasterbahn (event. auch Klinkerbahn) ist günstig, weil sie zu einer vortheilhaften Verwerthung der Abfallmaterialien verhilft.

Steinschlagbahn. Wegen vermehrter Benutzung erhält dieselbe in der Mitte eine etwas grössere Stärke als seitlich, und es wird diese Vermehrung dadurch erzielt, dass der Erdkasten nach einer Schablone mit geringerer Wölbung als die der Strassen-Oberfläche geformt wird. Stärke der Bahn in der Mitte 20—30 zm, an den Seiten 12—20 zm. Die Bordsteine, 10—15 zm breit, müssen bis mindestens 10 zm unter die Sohle des Erdkastens hinab reichen; an der Sommerwegseite werden dieselben zweckmässig mit einem schmalen Streifen aus Steinschlag hinterstampft. Raseneinfassung des Erdkastens ist nur für untergeordnete Fälle zureichend.

Packlagenbau wird, weil derselbe sich für schweren Verkehr wenig günstig zeigt, mehr und mehr verlassen und ist nur da motivirt, wo das zur Disposition stehende Material sehr geringe Festigkeit hat. Maximalstärke der Packlage 15 zm. Aufrechte und dichte Stellung, wobei die platten Flächen der Steine aufruhen, ist für den Nutzen der Packlage wesentliche Bedingung.

Unterbau mit Steinschlag geringer Qualität, oder Grand (Kies mit Korn nicht kleiner als Nussgrösse) ersetzt die Packlage. Der Steinschlag zum Unterbau wird grob, mit etwa 300—400 kbzm Korngrösse hergestellt.

Die Anwendung einer Zwischen-Lage (Mittellage) kann sich da empfehlen, wo das Material zur Decklage sehr hoch im Preise und gleichzeitig das Unterbau-Material von sehr geringer Festigkeit ist.

Die Decklage muss unter allen Umständen eine mittlere Stärke von nicht unter 5 zm, in halber Breite eine Stärke von 8 zm erhalten; liegt die Decklage auf Grand-Unterbau, so darf die Stärke des letzteren nicht wesentlich über $^1/_2$ der Gesammtstärke der Bahn hinaus gehen. Die Korngrösse des Steinschlags zur Decklage wird mit der Festigkeit des Materials etwa in den Grenzen von 40 und 120 kbzm zu verändern sein.

Die Menge an losem Material, welches eine Steinschlagbahn erfordert, beträgt das 1,1—1,3fache desjenigen, was dieselbe im gedichteten Zustande enthält.

Vor dem Verbau ist der Steinschlag auszusieben und es dienen die ausgesiebten Splitter als Dichtungsmaterial beim Abwalzen, daneben, in geringen Mengen, feiner Kies oder grober Sand. Die Abwalzung sollte etwa so lange fortgesetzt werden, bis 40—60 □m Bahnfläche höchstens noch 1 kbm von letztgenanntem Material aufzehren. (Hierbei werden die Walzkosten, je nach Beschaffenheit des Untergrundes, des Materials und der Witterung zur Zeit des Walzens, von 0,2—0,4 M. pro □m Bahnfläche bei Pferdebespannung der Walze betragen und nur etwa die Hälfte, wenn Dampfkraft benutzt wird.)

Als gute Materialien zu Decklagen sind etwa Basalt, Quarz, Granit, Porphyr, Grauwacke und Diorite anzuführen. —

Pflasterbahnen. Sie erhalten eine Unterbettung aus möglichst reinem, grobkörnigen Sande, die, je nach dem Werth des Pflastermaterials und der Beschaffenheit des Untergrundes, 15—30 zm stark ist, unter dem ganzen Pflaster gleiche Stärke besitzt und über die Kanten desselben um 15 zm an jeder Seite hinaus geht. Bordsteine 12—20 zm breit und 25—30 zm hoch.

Rauhe Pflaster bestehen entweder aus Findlingen oder Bruchsteinen; in beiden Fällen wird an den Steinen nur eine sehr geringe Bearbeitung vorgenommen. Von dem Maass der Bearbeitung, in noch höherem Grade aber von der Art und Weise, wie das Versetzen der Steine erfolgt, hängt die Güte des Pflasters ab. Werden grosse und kleine Stücke ohne zuvorige Sortirung neben einander gestellt, so ergiebt sich die geringste Pflasterqualität, und es nimmt die Güte derselben in dem Maasse zu, als Sortirung der Steine stattfindet und als die einzelnen Sorten, jede in zusammen hängender Fläche für sich, verpflastert werden. Ebenso ist für die Güte des Pflasters ein gewisser Verband unter den einzelnen Steinen bestimmend, durch dessen Vervollkommnung man zum sogen. Mosaikpflaster und zum Reihenpflaster gelangt.

Zum Mosaikpflaster werden Steine benutzt, die durch einige Bearbeitung auf ähnliche Grösse gebracht und mit leidlich ebenen Kopfflächen versehen worden sind. Die Steine werden ohne Reihen-

bildung und ohne strenge Sortirung neben einander gestellt; die Grenzen der Kopfgrössen sind etwa 10 · 10 = 100 und 12 · 15 = 180 □zm. Die untere Grenze liegt ziemlich niedrig und es ist für die Güte des Pflasters unerwünscht, wenn Steine dieser Grösse in mehr als etwa der Hälfte der Gesammtmenge vorkommen.

Zum Reihenpflaster dienen Steine, die nach Bearbeitung und Sortirung geeignet sind, in durchlaufenden Reihen und mit Verband versetzt zu werden. Je vollkommener die Ausbildung der Reihen und des Verbandes ist, um so mehr wächst die Güte des Pflasters; hiernach wird der Ausdruck Reihenpflaster einen Kollektiv-Begriff sehr weiten Umfangs enthalten. Nur die geringeren Qualitäten des Reihenpflasters sind auf Chausseen üblich, während die höheren, ihrer Kostspieligkeit wegen, auf Strassen in Städten und geschlossenen Orten beschränkt sind. Die Steine zu Reihenpflaster auf Chausseen erhalten am besten parallellepipedische Form mit etwa 10 und 20 zm Breite der Kopffläche und mindestens 15 zm Höhe; mit der Kopfgrösse kann event. auf 6 × 12 zm hinunter und 16 × 25 zm hinauf gegangen werden. Steine von Pyramidenform sind weniger gut als die parallellepipedischen, ihre Fussfläche sollte nicht kleiner als ⅔ der Kopffläche sein und die Verjüngung nicht sogleich am Kopfe, sondern erst 2,5—5,0 zm unter der Kopffläche beginnen. Die Sortirung der Steine muss nach Unterschieden von höchstens 1,5 zm erfolgen; vielfacher Wechsel in der Breite der Reihen schadet der Haltbarkeit des Pflasters und der Verkehrssicherheit, daher ist bei der Vertheilung des Materials darauf zu halten, dass übereinstimmende Breiten in möglichst grossen Streifen (Längen) erzielt werden. — Steine geringer Breite sind wegen grösserer Standsicherheit der Zugthiere für geneigte Strecken günstiger als die von grosser Breite.

Alle Pflaster auf Sandbettung bedürfen der sorgfältigsten Abrammung, wobei zunächst eine schwere 4—6 männige Ramme und alsdann eine 1 männige kleine Ramme benutzt wird. Beim Rammen zersprengte Steine sind alsbald zu ersetzen. — Zur Beförderung guter Arbeit empfiehlt es sich, dem Unternehmer eine 3 jährige Garantie zu übertragen und vorzuschreiben, dass derselbe in jedem Frühjahr eine Nachrammung (event. auch Reparatur) des Pflasters vornimmt; zur Sicherheit ist Kaution zu fordern oder ein vorläufiger Einbehalt an Arbeitslohn bis zur Höhe von etwa ¼ zu machen. —

Rauhes Pflaster fordert eine Rohmaterialmenge von 1,10—1,25 derjenigen des fertigen Pflasters; bei den besseren und besten Pflasterarten kann der Mehrverbrauch von 0,25 bis auf etwa 2,0 steigen.

Granit, Basalt, Basaltlava, Gabbro, Porphyre und einzelne Sandsteinarten (Kohlensandstein) geben gute Pflastersteine, auch einzelne Kalksteine sind nicht gerade auszuschliessen, wenngleich sie eine besondere Empfehlung nicht verdienen. Granit leidet bei trockenem Wetter, Basalt bei nassem Wetter an Glätte; dem Uebelstande des Glattwerdens kann aber durch Verringerung der Kopfflächen-Grösse der Steine (insbesondere der Breite) begegnet werden; auch Stellung der Steinreihen schräg zur Strassenaxe (grätenförmig) wird zuweilen dagegen angewendet, ohne aber den beabsichtigten Erfolg immer zu erreichen. —

Klinkerbahnen. Die Sandbettung erfordert nach Materialbeschaffenheit und Herstellungsweise eine ganz besondere Sorgfalt. Die Stärke der Bettung muss 30—40 zm betragen und unter der ganzen Bahnbreite die gleiche sein. Die Bettung ist durch Walzen und Rammen (event. unter Benutzung von Wasser) so weit zu komprimiren, dass

ein völlig harter Körper, mit nach einer Schablone genau abgeglichener Oberfläche entsteht, auf den die Reihen gestellt werden können, ohne dass irgend welche Aenderungen der Bettungsfläche sich ergeben, bezw. nothwendig werden. Ein Abrammen der mit grosser Sorgfalt in Bezug auf den Verband zu setzenden Pflasterung findet nicht statt, sondern nur eine mehrmalige Einschwemmung, bei der indess ein zu weit getriebenes Aufweichen der Bettung zu vermeiden ist. Nach dem Einschwemmen erhält das Pflaster eine etwa 1,5 zm starke Decke aus sorgfältig gesiebtem, etwas thonhaltigem Kies, in welcher Steinstückchen von mehr als etwa Linsengrösse nicht vorkommen dürfen; diese Decke ist, mit späterer Beschränkung auf etwa die Hälfte ihrer ursprünglichen Stärke, dauernd zu erhalten.

Die Nothwendigkeit der sorgfältigen Deckenerhaltung macht die Klinkerbahnen am besten für geschützte, nicht allzu trockene (aber auch nicht nasse) Lagen geeignet. Längen- und Quergefälle sind der Glätte bei Frostwetter wegen sehr beschränkt (S. 190). Daher werden meist besondere Vorkehrungen für die Wasserableitung nothwendig sein, um so mehr, als man i. d. R. erhöhete Borde anlegen wird, um das Fortschwemmen der Deckschicht durch Wasser, oder das Forttreiben derselben durch Wind möglichst zu verhüten.

Zwei Variationen der Bord-Konstruktion und eine Einrichtung zum Wasserabführen zeigen die Skizzen Fig. 389 und 390. Die Anlage

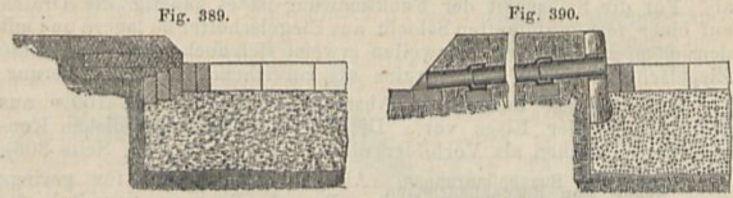


Fig. 389. Fig. 390.

von Rasenbord ist nur in untergeordneten Fällen zu empfehlen. Die Wasserableitungs-Rohre werden bei horizontalem Längenprofil etwa mit 50 m Abstand zu legen sein; einige Schwierigkeiten bereitet die wasserdichte Einfügung der Rohrenden in den Bordstein, die mit einem etwas elastischen Material, wie z. B. Asphalt oder Mastix, bewirkt werden muss, um beständig dicht zu bleiben; auch die Rohrstösse erfordern in Bezug auf Dichtung und Lagerung grosse Sorgfalt.

In scharfen Krümmungen und an Ueberfahrtstellen ist, damit die Wagenräder möglichst normal zur Richtung der Hauptfugen über das Pflaster fortgehen, es nothwendig, Stromschichten oder auch Keilstücke, sogen. Scharen einzulegen. Da wo von Seitenzufahrten Schmutz von klebiger Beschaffenheit zugeführt wird, empfiehlt sich die Einlegung kurzer Stücke von Pflaster aus natürlichem Stein, welches Mittel auch für scharfe Kurven empfohlen werden kann.

Zu 1 □m Pflasterung werden je nach Format, 75—100 Stück Klinker erfordert. Die holländischen und oldenburgischen Klinker haben etwa 18—22 zm Länge bei 4,5—5,5 zm Dicke.

Sommerwege. Dieselben sind mit Kies, lehmigem Boden oder Dammerde in einer Schichthöhe von 5—10 zm zu befestigen. In Strecken mit starker Neigung werden 0,5—1,0 m breite Querstreifen, bestehend aus Pflasterung oder Steinschlag mit gut versicherten Rändern, eingelegt.

Fusswege. Sie erhalten am besten eine 3—6 zm starke Dekkung aus Kies mit geringem Antheil von Thon. Stark benutzte Fusswege werden 8—12 zm gegen die Fahrbahn erhöht und von dieser durch ein Hochbord oder eine flache gepflasterte Gosse getrennt.

Entwässerungs-Anlagen. Für Röhren-Durchlässe und Kanäle unter Chausseen gilt im allgemeinen dasselbe, was für solche Anlagen in Eisenbahnen maassgebend ist, und es wird daher hier auf das in Kap. E., Seite 269 ff. Mitgetheilte Bezug genommen. Meist sind in Chausseen vereinfachte und etwas weniger starke Konstruktionen als in Eisenbahnen ausreichend. Eine Vereinfachung kann u. a. erreicht werden durch Fortfall der Flügelmauern bei gewöhnlichen Kanälen und der gemauerten Stirnen bei Röhrenkanälen, indem man Wangenmauern und Plättenabdeckung in den Böschungs-Ebenen einfach ausgehen lässt. — Anstatt Mörtelmauerwerk genügt häufig Trockenmauerwerk mit Moos- oder Lehm-Packung. — Für Durchlässe, die beständig im Wasser liegen, sind Holzröhren geeignet, auch Röhren aus gebranntem Thon und Zement werden über diejenigen Weiten hinaus, welche bei Eisenbahnen nicht wohl überschritten werden dürfen, bei Chausseen noch anwendbar sein. — Bei sehr geringer Dammhöhe können gepflasterte Ueberlaufsmulden angelegt werden, doch sind dieselben wegen der Schwierigkeiten, die durch Eisbildung verursacht werden, besser zu vermeiden.

Feuchte Strecken werden zuweilen wirksam durch Drainirung trocken gelegt; die Drains legt man am oberen Ende 0,4—0,6 ^{m} tief zu beiden Seiten der Steinbahn, mit Gefälle von mindestens 10 ‰ und führt in je etwa 100 ^{m} Abstand die aufgenommenen Wasser seitlich ab. Für die Sicherheit der Funktionirung ist es günstig, die Drains auf einer fest gestampften Schicht aus Ziegelschotter zu lagern und mit demselben zu umfüllen. Zuweilen erweist sich auch schon eine blosse Ziegelschotterschicht ohne Drains als zureichend zur Entwässerung.

Stationszeichen kommen in Abständen von 1 ^{Km} und 100 ^{m} aus Stein, Holz oder Eisen vor. Die bei Eisenbahnen üblichen Konstruktionen können als Vorbilder dienen (vergl. Kap. E., Seite 306).

Baum- und Buschpflanzungen. Als Alleebäume sind für geringe Bodenarten und freie Lagen Birken, Pappeln, Rüstern anwendbar, für besseren Boden und geschützte Lagen Linden, Kastanien, Ahorn event. Obstbäume. Die Bäume werden, mit Versetzung um die halbe Distanz, auf beiden Seiten, mindest. 30 ^{zm} von der Kante entfernt, in Abständen von 8—10 ^{m} gestellt und müssen für 5—10 Jahre durch Anbindung an Pfähle und vorgesetzte Prellstein-Reihen vor Beschädigungen geschützt werden.

Für die Erhaltung der Böschungen und zur Sicherung des Verkehrs dient zuweilen eine Strauchbepflanzung; es ist indess dabei zu beachten, dass solche Pflanzungen, an unrechter Stelle angewendet, zu Schneeverwehungen Anlass geben können und dass sie an feuchten Chausseestrecken für die Trockenerhaltung der Strasse ungünstig sind. An Klinkerbahnen können Buschpflanzungen für Erhaltung der Kiesdecke recht günstig sein, während an Steinschlagbahnen ihr Nutzen meist problematisch sein wird.

3. Strassen in Städten und bebauter Umgebung.

Profile. Zur Erleichterung und zu mehrer Sicherheit des relativ grösseren Verkehrs in städtischen Strassen ist das Quergefälle derselben im allgemeinen gering zu halten und es sind dafür Werthe anzunehmen, die den S. 190 mitgetheilten unteren Grenzwerthen nahe liegen. — Fusswege erhalten bei glatter, wasserundurchlässiger Befestigung ein Quergefälle $<$ 30 ‰, während man bei durchlässiger Befestigung bis zu etwa 40 ‰ hinauf gehen kann.

In Bezug auf die Anordnung der Profile sind den S. 186 ff. bereits mitgetheilten allgemeinen Skizzen hier noch einige Profile nachzufügen, die sich auf Anlagen für besondere Zwecke beziehen; es sind ausschliesslich Strassen am Wasser, welche die Fig. 391 bis 396 darstellen. In einigen derselben erscheinen gewöhnliche Fahrstrassen und Kaistrassen mit einander verbunden, in anderen sind dieselben getrennt, wie Art und Grösse des Verkehrs oder die lokale Umgebung der Strasse dies bedingen können.

Fig. 391 zeigt das Profil einer Kaistrasse für nicht grosse Fahrzeuge und Ladungsstücke; Fig. 392 dasjenige einer Uferstrasse in vornehmer Stadtgegend, für grossen Verkehr, der insbesondere Bau- und Brennmaterial umfasst; Fig. 393 eine Uferstrasse in vornehmer Gegend, aber nur für geringen Verkehr mit Brennmaterial etc. bestimmt. Fig. 394—396 geben die Einrichtung von Kaistrassen hervorragenden Ranges (Hamburg, Glasgow). In den Anlagen, Fig. 394 und 395, sind Strassen-, Eisenbahn- und Wasserverkehr in Verbindung gebracht; bei letzterem ist vorwiegend oder ausschliesslich auf Dampfschiffe gerücksichtigt, deren rascher Expedition insbesondere die Krahn- und Schuppen-Anlagen gewidmet sind. Fig. 396 dient für gemischten, grossen Verkehr, der durch gewöhnliches Fuhrwerk vermittelt wird und daher eine grosse Breite der Strasse erfordert; das dem Wasser zugekehrte Gefälle derselben erscheint für Sicherheit und Bequemlichkeit etwas hoch bemessen. — Bei manchen Anlagen werden die Kais horizontal gelegt, was jedoch im Interesse

Fig. 391.

Fig. 392.

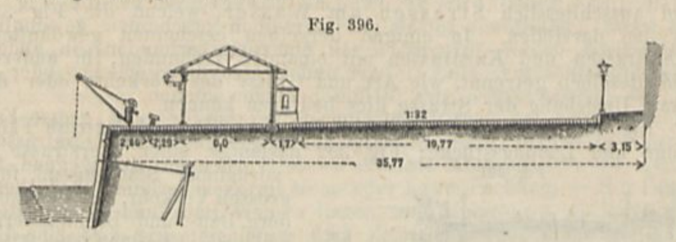
Fig. 393.

Fig. 394.

Fig. 395.

der Sauberkeit ungünstig ist; bei anderen wird das Gefälle nach der Rückseite gekehrt, was die Sicherheit befördert, aber die Entwässerungs-Anlagen etwas umständlich und unbequem macht.

Fig. 396.



Grössere Belebtheit des Verkehrs und daraus hervor gehende Erschwernis für Reparaturen, die Lage von Gas-, Wasser- und Leitungen sonstiger Art unter den Strassen, Staub-, und Schmutzbildung, Geräusch, Wasserabführung und Reinigung, Sicherheit und Bequemlichkeit für den sehr gemischten Verkehr und andere Rücksichten nöthigen dazu, die bauliche Einrichtung städtischer Strassen sorgfältiger zu behandeln, als die von Strassen in freier Lage und entsprechend höhere Geldaufwendungen dafür zu machen.

Als Befestigungsmittel für die Fahrbahn dienen: Pflasterungen aus Stein, Holz und Eisen, Steinschlag und Asphalt.

Pflasterungen aus Stein. Rauhe Pflasterungen und selbst solche von etwas besserer Beschaffenheit (S. 191) sind für feinere städtische Strassen ungeeignet, für welche fast nur das Reihenpflaster in Betracht kommt. Mit der Güte des eigentlichen Pflastermaterials muss auch die Güte der Bettung zunehmen und es werden aus diesem Grunde für die Pflasterung städtischer Strassen meist anstatt gewöhnlichen Sandes werthvollere Materialien zur Unterbettung, als: Kies, Schotter oder auch Beton benutzt.

Allgemeine Angaben über Reihenpflaster sind S. 191 gegeben; unerörtert ist dort die Frage wegen der zweckmässigsten Richtung der Reihen geblieben. Es kommen normal und schräg (etwa unter 45° geneigt) zur Strassenaxe gestellte Reihen vor; wenigstens sind beide Arten bei Strassen mit geringem Längengefälle vertreten, während auf stärker geneigten Strassen allein die normale Stellung im Gebrauch ist. Es wird behauptet, dass bei schräger Stellung die längeren Kanten der Steine weniger angegriffen würden und die Standsicherheit der Zugthiere grösser sei als bei normaler Stellung; diese Ansicht wird indess von anderen Seiten bestritten und es ist eine allgemeine Entscheidung der ziemlich verwickelten Frage, in der die Material- und Arbeits-Beschaffenheit und Sonstiges wesentlich mitsprechen, nicht zu geben.

Von der normalen Stellung der Reihen finden an den Anschlüssen von Nebenstrassen und an Kreuzungsstellen Ausnahmen statt, die durch die Rücksicht bedingt sind, die Steine nur so zu stellen, dass die Haupt-Fahrrichtung möglichst normal zur Richtung der Steinreihen liegt (Fig. 397). Die schräge Stellung der Reihen wird bei Strassen geringer Breite von einer Kante bis zur anderen ununterbrochen durchgeführt, während man bei grösserer Breite das sog. Grätensystem (Fig. 398—401) anwendet. Diese Figuren bieten auch für entsprechende Durchbildungen auf Kreuzungen und bei Anschlüssen verwendbare Lösungen.

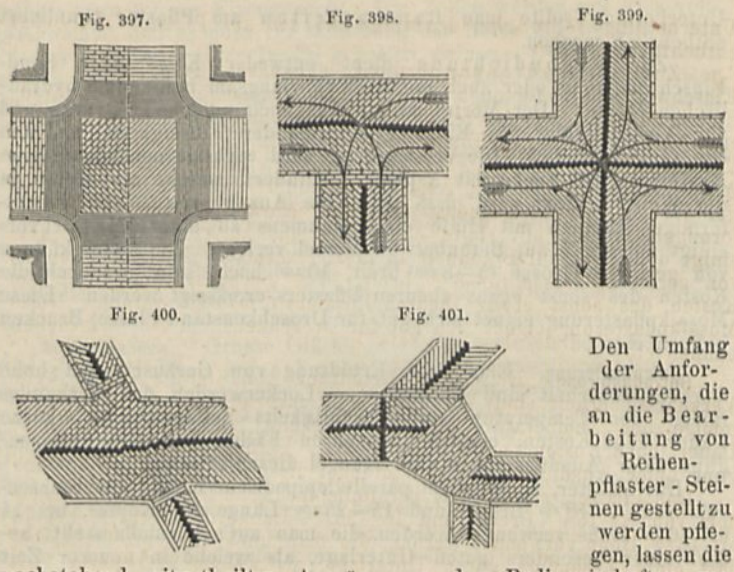


Fig. 397. Fig. 398. Fig. 399.

Fig. 400. Fig. 401.

Den Umfang der Anforderungen, die an die Bearbeitung von Reihen-pflaster-Steinen gestellt zu werden pflegen, lassen die nachstehend mitgetheilten Auszüge aus den Bedingnissheften von 3 grösseren Städten erkennen, die zugleich den Gegenstand nach seinen sonstigen Richtungen hin erschöpfen.

1. Die Steine müssen regelmässig bearbeitet, 20 zm, mit einem Spielraum von 1 zm plus und minus hoch, 8 bis 14 zm breit und 12 bis 24 zm lang sein; die Kopffläche, für welche obige Maasse gelten, muss ein Rechteck und eben bearbeitet sein; die Grösse der ebenen Grundfläche muss ⅔ der Kopffläche betragen. Die Steine werden aufgeschichtet und nach kbm abgenommen. —

2. Die Steine sollen in 3 Sorten geliefert werden, welche sich nach ihrer Form wie folgt unterscheiden:

Die Steine 1. Sorte sollen am Kopfe eine Länge von 15—20 zm und eine Breite von 10—15 zm haben, bei einer Höhe von 18—20 zm; die Steine 2. Sorte eine Länge von 15—20 zm und eine Breite von 8—15 zm, bei 15—20 zm Höhe; die Steine 3. Sorte eine Länge von 13 bis 18 zm, eine Breite von 8—14 zm und eine Höhe von 12 bis 17 zm. Die Kopfflächen aller 3 Sorten müssen möglichst ein Rechteck bilden, durchaus rechteckig behauen sein und dürfen keine Vertiefungen oder Erhöhungen haben, welche mehr als 8 mm betragen. Die Fussfläche jedes Steines muss mindest. ⅔ seiner Kopffläche halten. — Die Abnahme erfolgt, aufgesetzt, nach kbm. —

3. Es werden 3 Klassen von Steinen geliefert: 1. Würfel von 19—20 zm (übereinstimmender) Seitenlänge mit lauter geraden Kanten und ebenen Seitenflächen; 2. Parallelepipeden von 20 zm Seitenlänge mit Verjüngung nach der Fussfläche von 1 zm auf jeder Seite, übrigens wie vor; 3. Parallelepipeden mit 15 bis 16 zm Seite, in Bezug auf Verjüngung und Bearbeitung wie vor. — Die Abnahme erfolgt nach □m Pflasterfläche. —

Zur Unterbettung dienen je nach der anzustrebenden Solidität:

a) Kieslage von 15—30 zm Stärke mit etwa Nussgrösse der Körner.
b) Schotterlage mit Abgleichung durch Kieslage, insgesammt 15 bis 25 zm stark.
c) Packlage, darüber Schotterchicht mit Kiesabgleichung wie vor.
d) In besonderen Fällen eine 10—20 zm starke Schicht aus magerem Beton, auf welcher die Steinreihen regelrecht in hydraulischem Mörtel versetzt werden.

Die Betonlage ist günstig in sanitärer Hinsicht, ungünstig für Vornahme von Reparaturen an unter der Strasse liegenden Rohren und Leitungen; die Befahrung eines so gebetteten Pflasters ist etwas hart.

Durch grosse Sorgfalt in Bezug auf Festigkeit und Form der

Unterbettung sollte man Rammarbeiten am Pflaster thunlichst entbehrlich machen.

Zur Fugendichtung dient entweder Kies- oder Sand-Einschwemmung, oder auch ein Guss von langsam bindendem hydraulischen Mörtel. Der Mörtel ist für Ausgleichung lokaler Drücke und zur Verhinderung des Einsickerns faulender Flüssigkeiten in den Untergrund nützlich. Die Versickerung wird wirksam auch durch eine Ausfüllung der Fugen mit Asphalt verhindert, welche am besten in der Weise bewirkt wird, dass man eine Anzahl von 9—16 würfelförmigen Steinen mit Hülfe eines Rahmens zu einer Platte vereinigt und diese auf Betonbett in Mörtel verlegt. Die Steine können von geringer Grösse (5—8 zm breit, 10 zm hoch) sein, wodurch die Kosten des sonst etwas theuren Pflasters ermässigt werden. Diese Mosaikpflasterung eignet sich gut für Droschkenstand-Plätze, Brückenbahnen etc.

Holzpflasterung. Elastizität, Ertödtung von Geräusch und hohe Verkehrssicherheit sind Vorzüge. — Lockerwerden des Verbandes infolge der Temperatur- und Feuchtigkeits-Schwankungen, kurze Dauer, hohe Kosten, endlich in mehren Fällen beobachtete Erzeugung übler Ausdünstungen sind Mängel dieser Pflasterung.

Das Pflaster, zu welchem parallelepipedische Klötze aus Fichtenholz von 8—10 zm Breite und 15—25 zm Länge des Kopfes, bei 14 bis 16 zm Höhe verwendet werden, die man auf's Hirnholz stellt, bedarf einer besonders guten Unterlage, als welche in neuerer Zeit fast nur noch 2 sich kreuzende Brettlagen, die auf einer Betonschicht oder Schotter-Unterbettung ruhen, verwendet werden (Fig. 402 bis 405). Die Stossfugen schliessen dicht; den Längsfugen giebt man durch Einlegen von Leisten 1,5 bis 3,0 zm Weite und füllt sie mit Asphalt oder einer Mischung von Theer, Pech und Kies. Beim „Copland-Holz-Asphalt-Pflaster" werden die Klötze in einen auf der Bretterunterlage ausgebreiteten heissen Asphaltguss eingedrückt. — Die Art der Unterlage des Holzpflasters ist für Reparaturen an Röhren und Leitungen, die unter der Strasse liegen, allgemein ungünstig, die Haltbarkeit des Pflasters sehr von örtlichen Verhältnissen und dem Witterungszustande bei der Herstellung abhängig.

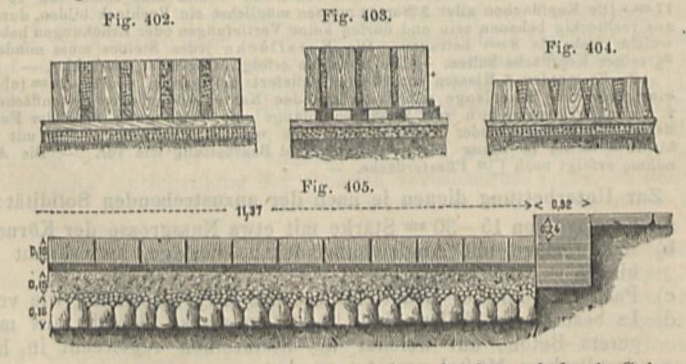


Fig. 402. Fig. 403. Fig. 404. Fig. 405.

Eisenpflasterung ist neuerdings in einigen Städten wieder in Gebrauch gekommen und wird auf einer Kies- oder Schotter-Schüttung von 10 bis 20 zm Stärke aus zellenartig durchbrochenen Stücken, die am ganzen Umfange mit Verzahnungen in einander greifen und bei etwa 1 m Länge und 60 zm Breite 8 zm Höhe haben, hergestellt. 1 □m Pflaster

enthält etwa 3 % an Eisengewicht. Die Zellen werden mit Kies vollgeschwemmt und es muss zur Milderung der Härte des Befahrens das Pflaster sorgfältig unter Decke gehalten werden. Dem Eisenpflaster ist von einzelnen Seiten geringe Haltbarkeit und Ausstossung übler Dünste bei warmem Wetter zum Vorwurf gemacht; von anderen Seiten werden diese Eigenschaften in Abrede gestellt.

Steinschlagbahnen sind in geschlossenen Orten nur in sonniger Lage, bei einigem Längengefälle der Strasse und nur unter Voraussetzung besonderer Güte des Materials der Decklage empfehlenswerth. Die Dichtung wird am vollkommensten mittels eines Gusses aus Theer und Pech bewirkt; indessen ist Kies von geeigneter Beschaffenheit ebenfalls zureichend. Im Interesse der Sauberkeit sind zu beiden Seiten gepflasterte Gossen oder muldenartige Rinnsteine aus Quadern und mit offener Lage der Rinnen anzulegen.

Asphaltbahnen. Grosse Glätte, geringes Geräusch beim Befahren, Undurchdringlichkeit gegen Feuchtigkeit, Leichtigkeit und beschränkter Umfang von Reparaturen, rasches Trocknen und bequeme Reinhaltung zeichnen die Asphaltstrassen aus, die nur bei grösseren Neigungen im Längenprofil der Strasse (s. S. 190) und da nicht anwendbar sind, wo beständige geringe Feuchtigkeit oder seitliche Zuführung von klebigem Schmutz stattfindet. Die Asphaltbahnen bedürfen einer mit grosser Sorgfalt hergestellten und genau abgeglichenen Beton-Unterlage von 15—20 ^{zm} Stärke. Auf dieser wird entweder Guss-Asphalt oder komprimirter Asphalt in einer Lagenstärke von 4—6 ^{zm} ausgebreitet.

Guss-Asphalt ist eine mit Kies versetzte, zum Schmelzen gebrachte Mischung und meist, als nicht homogener Körper, der Abnutzung in höherem Grade unterworfen als:

Komprimirter Asphalt, welcher in Pulverform beim Auftragen nur schwach erhitzt wird, so dass die Bildung der zusammen hängenden Lage durch eine Art Schweissprozess erfolgt. Statt der Abnutzung will man beim komprimirtem Asphalt eher eine Zunahme an Dichtigkeit durch den Druck des darüber gehenden Verkehrs bemerkt haben. Uebrigens sind nur wenige Asphalte in komprimirter Form darstellbar; der am meisten verwendete entstammt den Gruben in Neuchatel.

Kombinationen mehrer Fahrbahnarten. Wo der Verkehr gemischt ist, empfiehlt sich Verweisung desselben auf verschiedene Fahrbahnen, z. B. Pflaster- und Steinschlagbahn, oder Pflaster- und Asphaltbahn. Die Trennung geschieht durch Borde, welche in der Strassenfläche liegen und mit Sorgfalt herzustellen und zu unterhalten sind. Auch sog. Radbahnen (Tramways) sind in dem vorliegenden Falle wohl angewendet worden (Fig. 406 u. 407), die indess den Mangel haben, dass die Kanten der (Granit-) Platten stark angegriffen werden. Zur besseren Erhaltung der Platten empfiehlt es sich, in die Fugen hochkantig gestellte Flacheisenstäbe einzulegen.

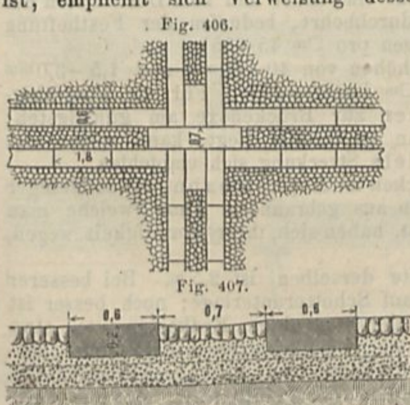


Fig. 406.

Fig. 407.

Fahrbahnen auf Brücken. Ausser Festigkeit und Glätte der Oberfläche müssen dieselben die Eigenschaften der möglichsten Undurchdringbarkeit für Wasser, der guten Vertheilung örtlicher Drücke und Stösse, so wie eines geringen Eigengewichts besitzen. Je nach der Bauart der Brücke fällt die eine oder andere der genannten Eigenschaften mehr oder weniger ins Gewicht.

Bei Holzbau ist zum Schutz gegen Feuchtigkeit eine Isolirung der Balken und schweren Holztheile durch Knaggen und Schutzbohlen, sowie Freilegen einzelner Theile anzuwenden. Die Bohlen sind kaum wirksam zu schützen, und das was geschehen kann, beschränkt sich darauf, Imprägnirung anzuwenden, die Bohlen mit Spielraum von 1 bis 2 zm Weite zu verlegen und die Zwischenräume der Fahrbahn (Steinpflaster, Steinschlag, Holzpflaster) mittels Asphalt oder ähnlicher Füll- und Bindemittel zu schliessen; die angegebenen Vorkehrungen und Mittel sind in ähnlicher Weise auch bei Brücken in Eisen anzuwenden. Betreffende Beispiele bieten die Fig. 408—413.

Etwas schwer, aber fast nach allen Richtungen hin günstig ist Wölbung in Ziegelstein zwischen Eisenträgern, wobei die Axen der Kappen entweder parallel oder normal zur Brückenaxe liegen können. In ersterem Falle sind kräftige Verankerungen, in letzterem Zwischentheile zur Auflagerung — in passendster Form aus Gusseisen herzustellen — nothwendig. Für solche Brücken (wie ebenso für gewölbte) ist als zweckmässigstes Fahrbahnmaterial Klinkerpflaster in Kies versetzt oder Asphalt auf Betonschicht oder Steinschlag zu verwenden (Fig. 414—416).

Als Auflagerungsmittel für Beton, Kies oder Sand kommen vor:

a) Gusseisenplatten, mit Rippen auf der Oberseite (Fig. 417); sie sind im allgem. etwas unsicher und haben grosses Eigengewicht (150 k und darüber pro □m).

b) Gewalzte Zorès-Eisen oder Barren (Fig. 418, 419), die der ganzen Brückenbreite nach durchgehen können. Sie sind mit geringem, etwa durch eine Backstein-Flachschicht zu deckendem Spielraum zu legen und fest zu heften. In der skizzirten Konstruktion ist eine Abgleichungsschicht aus Beton angewendet, auf welcher eine Steinschlag- bezw. Asphalt-Bahn liegt. Gewicht der Zorès-Eisen zwischen 50 und 60 k pro □m.

c) Buckelplatten (Fig. 420, 421). Sie werden meist mit nach unten gerichteter Konkavität verwendet und zum Durchlassen der Feuchtigkeit im Zentrum durchbohrt, bedürfen der Festheftung auf allen 4 Seiten und wiegen pro □m 45—55 k.

d) Wellblech, mit Wellenhöhen von 40—60 mm und 1,5—3,0 mm Stärke; das Gewicht pro □m ist 20—40 k. Für die Tragfähigkeit ist die Streckung quer zur Brückenaxe am günstigsten; wenn aber die Brückenbahn im Gefälle liegt, kann wegen des Wasserabzuges die parallele Streckung sich empfehlen.

Allgemein günstig auf Brücken ist Asphaltbahn, etwas weniger günstig Holzpflasterung; Platten aus gebranntem Thon, welche man hier und da wohl verwendet hat, haben sich, ihrer Sprödigkeit wegen, nicht bewährt.

Reitwege. Die Minimalbreite derselben ist 2,5 m. Bei besserer Herstellung benutzt man Kies auf Schotterunterlage; noch besser ist diejenige Herstellungsweise, bei der man einen Erdkasten von etwa 20 zm Tiefe bildet, der bis zu ⅓ der Höhe mit grobem Kies oder Schotter, in den übrigen ⅔ mit einer Mischung aus gleichen Antheilen von Gerberlohe, Sägespähnen und feinem Kies gefüllt wird. Zur guten Erhaltung ist bei trockenem Wetter öftere Sprengung nothwendig.

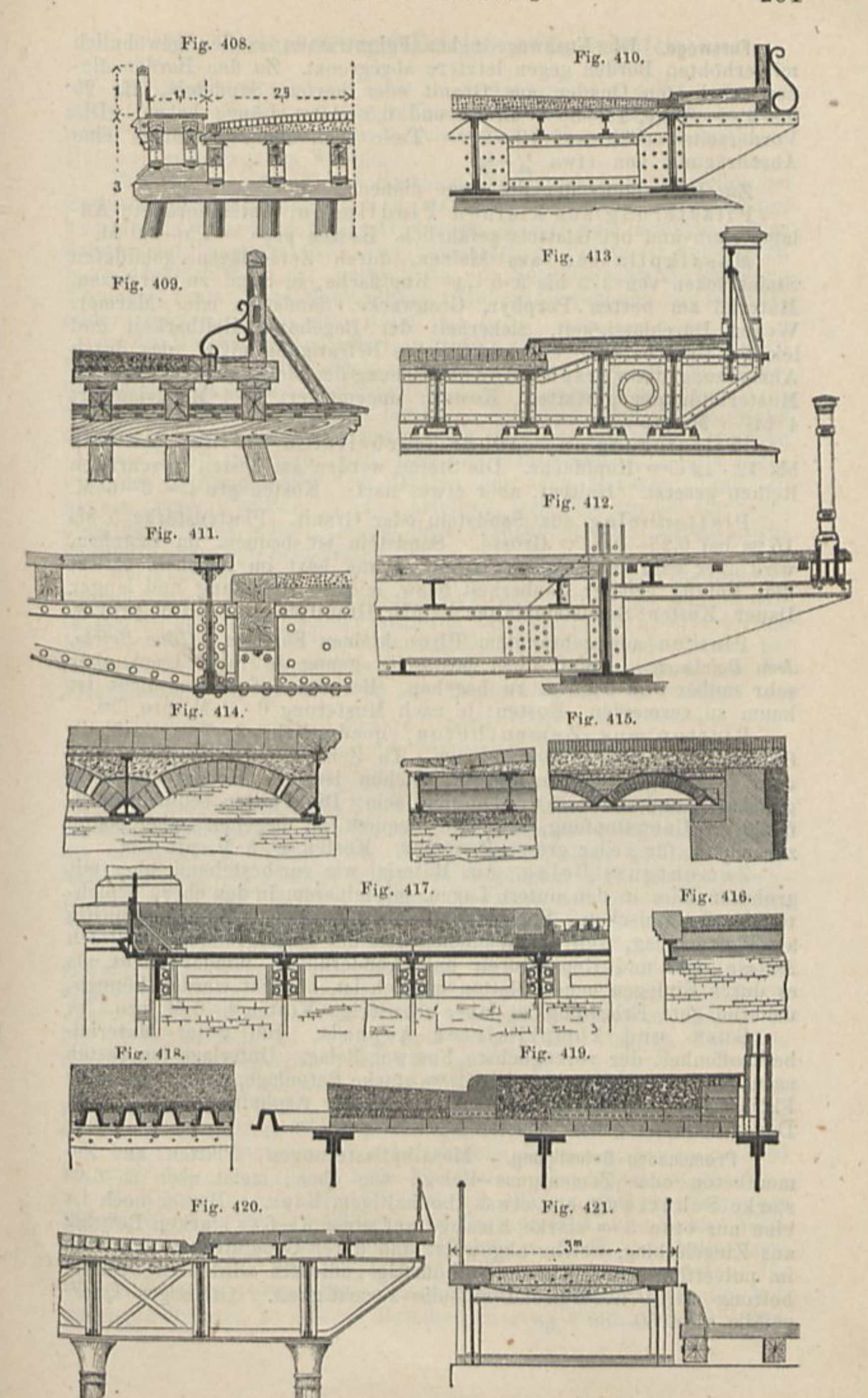


Fig. 408. Fig. 409. Fig. 410. Fig. 411. Fig. 412. Fig. 413. Fig. 414. Fig. 415. Fig. 416. Fig. 417. Fig. 418. Fig. 419. Fig. 420. Fig. 421.

Fusswege. Die Fusswege neben Fahrstrassen werden gewöhnlich mit erhöhten Borden gegen letztere abgegrenzt. Zu den Borden dienen am besten Quader aus Granit oder hartem Sandstein, die 25 bis 35 zm Tiefe, 15—35 zm Breite und 0,5—2,0 m Länge haben. Die Vorderseite erhält auf 10—20 zm Tiefe (von oben gerechnet) eine Abschrägung von etwa ⅙—¼.

Zur Befestigung der Fusswege dienen:

Pflasterung aus kleinen Findlingen; untergeordnete Anlage, rauh und bei Glatteis gefährlich. Kosten pro □m 1,5—3,0 M.

Mosaikpflaster aus kleinen, durch Zerschlagen gebildeten Steinstücken von 3·3 bis 5·5 □zm Kopffläche, in Sand zu versetzen. Material am besten Porphyr, Grauwacke, Sandstein oder Marmor. Wegen Durchlässigkeit, Sicherheit der Begehung, Haltbarkeit und leichter Unterhaltung ein vorzügliches Befestigungsmittel, das durch Ausnutzung der verschiedenen Färbung des Materials auch hübsche Musterbildungen gestattet. Kosten: ungemustert 3—4 M., gemustert 4 bis 8 M. pro □m.

Pflasterung aus sauber bearbeiteten Steinen mit 8·8 bis 12·12 □zm Kopffläche. Die Steine werden am besten in schrägen Reihen gesetzt. Haltbar, aber etwas hart. Kosten pro □m 3—6 M.

Plattenbelag aus Sandstein oder Granit. Plattenstärke 5 bis 15 zm bei 0,25—2,0 □m Grösse. Sandstein ist bequem im Begehen, wird aber bald ausgetreten; Granit, etwas hart im Begehen, besitzt den Vorzug grosser Sauberkeit bezw. leichter Reinigung und langer Dauer. Kosten: Sandsteinplatten 4—7 M., Granitplatten 7—10 M. pro □m.

Platten aus gebranntem Thon kleinen Formats. *(Blue Bricks, Jron Bricks etc.)* Sind nicht beständig genug in ihrer Lage, aber sehr sauber und bequem zu begehen. Bettung auf Betonschicht ist kaum zu vermeiden. Kosten: je nach Musterung 6—9 M. pro □m.

Platten aus Zementbeton, quadratisch, 5—7 zm stark, in Grössen von etwa 0,3—0,4 □m, aus 1 Th. Zement und 4 Th. Kies, welcher sorgfältig zu sieben und zu waschen ist; die Korngrösse muss gleichartig und von 4—5 mm Durchm. sein. Die Platten bedürfen sorgfältigster Unterstopfung, sie sind bequem zu begehen, aber kaum zureichend für sehr grosse Frequenz. Kosten 4—5 M. pro □m.

Zementguss-Belag. Aus Material wie vor bestehend, aber mit gröberem Kies in den untern Lagen, mit feinerem in den obern Schichten zu untermischen. Stärke der Schicht 6—8 zm. Weniger günstig als Plattenbelag, weil die Wandelbarkeit des Untergrundes zu Rissen Anlass giebt und Reparaturen und Aenderungen minder leicht, als es durch Einlegen neuer Platten möglich ist, bewirkt werden können; dauernd gute Erhaltung ist daher schwierig. Kosten 4—6 M. pro □m.

Guss- und komprimirter Asphalt. Bei guter Materialbeschaffenheit der vorzüglichste Fussweg-Belag. Unterlage am besten natürlicher Asphalt oder eine 10 zm starke Betonlage, weniger gut eine Flachpflasterung aus Ziegelstein. Stärke der Asphaltlage 1,5—2,0 zm. Dauer ziemlich gross. Kosten 5—7 M. pro □m.

Promenaden-Befestigung. Mosaikpflasterungen, Platten aus Zementbeton oder Zementguss-Belag, wie oben; meist aber 3—6 zm starke Schüttung aus etwas thonhaltigem Kies. — Besser noch ist eine nur etwa 3 zm starke Kieslage auf einer 4—6 zm starken Bettung aus Ziegelschlag, welche abgewalzt und durch Ueberstreuen mit Thon im pulverförmigen Zustande nothdürftig gedichtet wird. Die Unterbettung wirkt absorbirend auf die Feuchtigkeit. Günstiges Quergefälle etwa 60—80 ‰.

IV. Unterhaltungs-Betrieb und Arbeiten.

Bei Chausseen wird für 5—8 Km Strassenlänge ein Wärter angestellt, der zur Vornahme der laufenden Unterhaltungs-Arbeiten ausreicht und dem für besondere Arbeiten und Leistungen die nöthigen Hülfskräfte beigegeben werden.

Ein Unterschied in dem System des Unterhaltungsbetriebes bei Steinschlagbahnen findet danach statt, ob der Ersatz des Abgangs kontinuirlich oder periodisch (im Herbst oder Frühjahr jedes Jahres) vorgenommen wird. Der kontinuirliche Ersatz ist vorwiegend in Süddeutschland, der periodische in Norddeutschland vertreten. Frequenz, Umfang und Materialbeschaffenheit, Gewöhnung und manches andere spielen hierbei eine Rolle.

Ist das Material hart, die Strasse trocken und wird auf Bequemlichkeit für den Verkehr Werth gelegt, so empfiehlt sich der periodische Ersatz, in anderem Falle der kontinuirliche, der im allgemeinen den Vorzug geringerer Kostspieligkeit besitzt. Jedenfalls aber sollte, wenn die aufzutragenden Materialmengen ein gewisses Quantum erreichen — etwa 3 kbm und mehr pro 1000 □m Strassenfläche, — die Dichtung des Auftrags nicht dem darüber gehenden Verkehr überlassen bleiben, sondern mittels Walze erfolgen, weil dies sowohl zur Schonung der Strasse selbst, als um dem Verkehr grosse Unbequemlichkeiten zu ersparen, erforderlich ist.

Bei kontinuirlicher Unterhaltung haben sich auf den Steinschlagbahnen der badischen Chausseen etwa 50 kbm Steinschlag guter Qualität pro Km und Jahr, bei einer mittleren Verkehrsstärke, als erforderlich herausgestellt. Näher ist diese Angabe durch folgende Daten bestimmt: Für die Frequenz von je 1000 Stück Pferden sind pro Km Strassenlänge und pro Jahr an kbm Steinschlag etc. verwendet:

	Gneis	Granit	Prophyr	Basalt	Fluss- und Grub.-Kies	Muschelkalk	Jurakalk
Drchschn.	0,6—2,2 1,2	0,6—2,5 1,3	0,7—2,7 1,4	1,0—2,6 1,5	0,4—3,8 1,5	0,5—3,0 1,9	1,3—3,2 2,0

Bei Pflasterbahnen aus Stein und Holz, ebenso bei Asphaltbahnen ist Kontinuität des Unterhaltungs-Betriebes unbedingt erforderlich, um einen guten Zustand der Strasse zu erhalten und an Unterhaltungskosten zu sparen; besonders empfehlen sich lokale Nachrammungen des Pflasters, weniger Abwalzen mit schweren Walzen, weil hierbei die Struktur des Pflasters zu sehr gelockert wird.

Gute Pflasterbahnen in Chausseen haben bis dahin, dass eine gänzliche Umlegung erforderlich wird, eine Dauer von 15—25 Jahren, städtische Pflaster von geringer Beschaffenheit eine solche von 6—10 Jahren. Die Steine zu den besten städtischen Pflastern dauern 15 bis 40 Jahre, während welcher Zeit eine 1- bis 3malige Umlegung des Pflasters erforderlich werden kann. —

Beim Abschlämmen von Steinschlagbahnen leistet 1 Arbeiter pro Tag 600—800 □m, 1 mit 2 Pferden bespannte Maschine für denselben Kostenbetrag 8000—10000 □m. —

Die Tagesleistung von 1 Arbeiter beim Strassenfegen ist 3000 bis 4000 □m; eine 1 spänn. Kehr-Maschine leistet 30000—40000 □m.

Zum Besprengen der Strassen mit Wasser sind pro Tag einer Saison, welche 120 bis höchstens 140 Tage umfasst, 25—35 kbm Wasser zu rechnen, womit 2—4 Km Strassenlänge theils 1- theils 2mal befeuchtet werden können; hierzu genügt 1 Fuhrwerk, wenn das Wasser im Sprengrevier selbst entnommen wird. Werden Hydranten zum Sprengen benutzt, so müssen dieselben in etwa 100 m Abstand liegen.

V. Kosten.

Neubau. Je nach der baulichen Ausstattung, nach Terrain, geognostischer Formation und nach sonstigen Bedingungen schwanken die Neubaukosten von Chausseen in weiten Grenzen. Selbst im Flachlande kommen Unterschiede in den Grenzen von 1 zu 4 vor.

In ebener Gegend mit einigem Materialvorrath, werden pro Km etwa 7500 M., in Marschgegenden, wo Steinmaterial und Erdarbeiten hoch im Preise sind, bis zu 30000 M. Baukosten pro Km erfordert, wobei 10—20 % für Grunderwerb gerechnet sind. Im Durchschnitt kostet in Preussen in neuerer Zeit 1 Km Chaussee 10000 M. —

Unterhaltungskosten. Der Durchschnitt ist 550 M. pro Km und Jahr, die Grenzen sind 200 bezw. 2000 M. Im Hügel- und Berglande, in Süddeutschland und der Schweiz stellen sich die Unterhaltungskosten, ziemlich übereinstimmend, auf 400—450 M., wovon nach genauen Aufzeichnungen bei den badischen Chausseen ca. 55 % auf Steinmaterial, 30 % auf Wartung und Handarbeiten aller Art und 15 % auf Unterhaltung der Entwässerungsanlagen, Baumpflanzungen und sonstiger Nebenbestandtheile kommen.

Die Gesammtfläche der Strassen und Plätze einer Stadt erfordert eine Jahres-Ausgabe für Unterhaltung von 0,3—1,0 M. pro □m; diese Ausgabe wird um so höher, je mehr mit Steinschlag belegte Flächen sich darunter befinden. Nothdürftige Unterhaltung von Pflaster geringer Qualität verursacht 0,05—0,15 M. Jahreskosten. —

Strassenreinigung. Hauptsächlich durch Maschinen bewirkt, erfordert dieselbe in den grössern Städten des Kontinents eine Jahresausgabe, die zwischen 0,30 und 0,70 M. pro □m liegt. —

Gesammtkosten. Bei den Strassen besserer Art wird ein Ueberblick am besten dadurch gewonnen, dass man den Kosten der Neuanlage die Unterhaltungs- und Reparatur-Kosten während der sog. Lebensdauer — bis dahin, dass eine völlige Neuherstellung erforderlich wird — hinzu fügt und aus der erhaltenen Summe die Jahres-Kosten berechnet. Nach angestellten Beobachtungen ist die nachstehende Tabelle, in welcher eine desfalsige Zusammenstellung bezw. Trennung vorliegt, entworfen worden. Die Kostenangaben derselben sind pro 1 □m zu verstehen:

1. Fahrbahnart	2. Bettung: Art derselben	2. Bettung: Kosten M.	3. Kosten für Material-Beschaffung und Verbau M.	4. Dauer der Fahrbahn Jahre	5. Summe der Unterhaltungskosten M.	6. Durchschn. der Jahreskosten M.
Reihenpflaster	20 zm Kieslage, Kiesfüllung der Fugen	2,0—2,5	10,0—15,0	7—14	2,0—5,0	1,5—3,0
Desgl.	18 zm Schotter, 8 zm Kies, Kiesfüllung der Fugen	2,5—3,5	14,0—18,0	10—15	1,5—4,0	1,3—2,3
Desgl.	Bettung wie vor, Mörtelfüllung der Fugen	3,0—4,0	17,0—21,0	15—25	1,2—2,5	0,8—1,5
Komprimirter Asphalt	15—20 zm starke Betonlage	2,0—3,0	18,0—21,0	15—20	12,0—20,0	2,0—2,5
Gussasphalt	wie vor	2,0—3,0	15,0—19,0	12—18	10,0—16,0	2,0—2,5
Holzpflaster	Schotterbettung und Bretterlagen		12.0—18,0	6—15	5,0—25,0	2,0—4,5
Steinschlagb.	—	—	4,0—10,0	—	0,5—1,0	—
Eisenpflaster	Schotterbettung	2,0—2,5	30,0—33,0	—	0,3 per Jahr	

E.

DER EISENBAHNBAU.

Bearbeitet von W. Streckert, Geh. Reg.-Rath im Reichs-Eisenbahnamt zu Berlin.

Litteratur: Winkler, Vorträge über Eisenbahnbau; Wien. — Handbuch für spezielle Eisenbahn-Technik, herausgegeben von Heusinger von Waldegg; Leipzig. — Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. — Zeitschrift für Bauwesen. — Deutsche Bauzeitung. — Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen. — Engineering u. a. m.

I. Lokomotivbahnen.

Die Lokomotivbahnen zerfallen im allgemeinen in Hauptbahnen und in Nebenbahnen (sekundäre Bahnen). Als Hauptbahnen gelten im Sinne der Techn. Vereinb. d. Vereins dtschr. Eisenb.-Verwlt.*) solche, auf welche die Betriebsmittel anderer Bahnen übergehen können; sekundäre Bahnen sind nur für leichtere Betriebsmittel benutzbar, oder auch es sind auf denselben geringere Geschwindigkeiten als auf den Hauptbahnen vorgeschrieben.

A. Allgemeines über die Vorarbeiten.

1. Tracirung.

Es sind bei der Tracirung zu unterscheiden: Bahnen im Flachlande, im Hügellande und Gebirgsbahnen, die insbesondere in Bezug auf Neigungen und Krümmungen von einander abweichen.

Die Techn. Vereinb. enthalten dazu folgende Bestimmungen:

Der Entwurf für Hauptbahnen, bei denen die spätere Anlegung eines 2. Gleises zu erwarten steht, ist so anzuordnen, dass so bald als erforderlich 2 Gleise angelegt werden können.

„Das Längengefälle, welches die Hauptbahnen in der Regel nicht überschreiten sollen, beträgt: im flachen Lande 1:200 (5 ‰), im Hügellande 1:100 (10 ‰), im Gebirge 1:40 (25 ‰). Die Gefällwechsel sind zur Gewinnung sanfter Uebergänge mittels möglichst schlanker Kurven abzurunden. Zwischen Gegengefällen oder Gegensteigungen von 1:200 und darüber soll eine horizontale Strecke, wo möglich von der Länge eines Güterzuges, eingelegt werden."

„Der Krümmungshalbmesser der Kurven soll bei Bahnen im flachen Lande wo möglich nicht unter 1100 m, im Hügellande nicht unter 600 m, bei Gebirgsbahnen nicht unter 300 m betragen. Radien unter 180 m sind unzulässig**). Der Uebergang aus der geraden Strecke in die Kurve ist durch eine Parabelkurve zu vermitteln. Zwischen den Ueberhöhungs-Rampen der äusseren Schienen zweier entgegen gesetzten Kurven

---

*) Technische Vereinbarungen des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen über den Bau und die Betriebs-Einrichtungen der Eisenbahnen Redigirt von der technischen Kommission des Vereins nach den Beschlüssen der Konstanzer (theilweise der Hamburger) Techniker-Versammlung, Juni 1876.

**) Gilt für die freie Bahn, während für Weichenkurven auf Bahnhöfen der Radius von 180 m vielfach vorkommt.

Als Zeitpunkt der Einführung der Lokomotivbahnen gilt der 6. Oktober 1829, an welchem Tage Stephenson's Lokomotive „Rocket" aus der Wettfahrt bei Rainhill als Sieger hervorging.

soll eine gerade Strecke von mindestens 10^{m} Länge liegen. In den steileren Steigungen einer Bahn sollen möglichst flache Kurven angewendet und die Gefällwechsel thunlichst in die Gerade gelegt werden." —

Die Sicherheits-Ordnung für die normalspurigen Bahnen von untergeordneter Bedeutung (Bahnen mit einer Befahrungs-Geschwindigkeit bis zu 30^{Km} per Stunde) in Preussen vom 10. Mai 1877 bestimmt:

Das Längengefälle der Bahn darf auf freier Strecke das Verhältniss von 1 : 25 (40 $^0/_{00}$) nicht überschreiten. — Die Minimal-Radien dürfen auf freier Strecke nicht kleiner als 100^{m} sein. —

Bei dem gegenwärtig allgemein vorwaltenden Bestreben, die kürzesten Linien herzustellen, werden die unterschiedenen Bahnarten mit ihren Minimal-Steigungen und Krümmungshalbmessern selten in ganzer Reinheit zum Ausdruck gelangen. Gewöhnlich unterscheidet man nur 2 Arten von Bahnen: solche mit Steigungen bis 10 $^0/_{00}$ und Radien nicht unter 600^{m}, und Bahnen mit Steigungen über 10 $^0/_{00}$ und kleineren Radien als 600^{m}. Bahnen letzterer Art werden mit blossen Adhäsions-Maschinen noch bei Steigungen bis 50 $^0/_{00}$ und Radien von 200^{m}, auf kürzeren Strecken sogar bei Steigungen von 70 $^0/_{00}$ und Radien von 135^{m} (Uetliberg-Bahn) betrieben. Haben die Lokomotiven besondere Einrichtungen zum Bremsen, so kommen Steigungen von 83 $^0/_{00}$ und Radien von 40^{m} vor (provisorische Bahn über den Mont Cenis); Bahnen mit Zahnstange zwischen den Schienen sind sogar mit Steigungen von 333 und 250 $^0/_{00}$ ausgeführt (Bahn auf den Mount Washington in Amerika und auf den Rigi in der Schweiz).

Als Hauptbahnen mit aussergewöhnlichen Steigungen sind die Sömmering-Bahn mit Steigungen von 25 und 22 $^0/_{00}$ und Kurven von 190—280^{m} Radius, die Brenner Bahn mit langen Steigungen von 25 $^0/_{00}$ und Kurven mit Radien bis 285^{m}, die Bayerische Staatsbahn mit Steigungen von 25 $^0/_{00}$ und Kurven bis 270^{m} Radius, die Pacific-Bahn mit Steigungen von 31 $^0/_{00}$ etc. etc. anzuführen. —

Von besonderem Einfluss auf die Wahl der Trace sind die Höhe und Lage der erforderlichen Dämme und Einschnitte.

Es ist zu untersuchen, ob ein Viadukt-Bau oder eine Dammschüttung das billigere und zweckmässigere Aushülfsmittel ist. Diese Untersuchung wird im allgemeinen nothwendig, wenn die Auftragshöhe grösser als 35—40^{m} ist, und die Erfahrung zeigt, dass Aufträge von nicht sehr grosser Länge, welche aus schwer zu lösenden Bodenmassen mit einer mittleren Transport-Entfernung gebildet werden müssen, bei der angegebenen Höhe in den meisten Fällen vortheilhaft durch einen Viadukt ersetzt werden, unter der Annahme, dass die Beschaffung der Mauermaterialien unter gewöhnlichen Verhältnissen erfolgen kann.

Bei Einschnitten in festem Gestein, welches $^1/_4$- bis $^1/_2$fache Böschungsanlage gestattet, wird die Grenze, bei welcher an die Stelle des Einschnitts ein Tunnelbau als billiger und auch zweckentsprechender tritt, bei der Tiefe von 20—25^{m} erreicht, an steilen Bergabhängen schon bei geringerer Tiefe; in leichterem Boden liegt die Grenze bei 30—40^{m}. — Einschnitte in der geringen Tiefe von 1—3^{m} sind in Bezug auf Schneeverwehungen bedenklich und es kann im allgemeinen mehr empfohlen werden, Aufträge von geringer Höhe anzuwenden, als Abträge von geringer Tiefe. —

Bei Gebirgsbahnen spielen noch Schneestürze (Lawinen) etc. eine Rolle. Für 700^{m} Seehöhe erreicht der Schneefall etwa 1^{m} Höhe und es kommen bereits Lawinenstürze vor; bei 1100^{m} Seehöhe werden die Schneemassen bis 2^{m}, bei 1300^{m} bis 3,5^{m} und bei 1500^{m} bis 4^{m} hoch.

Im allgemeinen kann angenommen werden, dass, sofern nicht

Hochwasserstände oder sonstige maassgebende Verhältnisse die Verlegung der Bahnlinie auf das höher gelegene Terrain einer Gegend bedingen, es immer vortheilhafter sein wird, die Bahn im Thale zu führen, da alsdann die Bauwerke und sämmtliche Anlagen nur in einem geringeren Umfange, als sonst nothwendig, auszuführen sind.

Von grosser Bedeutung sind Steigungen und Kurven. Nicht zu starke Steigungen von geringer Länge haben zwar wenig Einfluss auf die Betriebs-Verhältnisse, lange und starke Steigungen aber desto mehr. Besonders ist es zu vermeiden, dass auf stark geneigten Strecken gleichzeitig Kurven mit geringen Radien vorkommen.

Zur näheren Bestimmung des Einflusses der Steigungen und Kurven auf den Betrieb ist u. a. die sog. Ghega'sche Regel aufgestellt, mittels welcher die Länge einer horizontalen und geraden Strecke ermittelt wird, bei der die gleichen Zugwiderstände stattfinden, wie in der mit Steigungen und Kurven auszuführenden Strecke. Dies ist die sog. Betriebslänge einer Bahn.

Ist L die wirkliche Länge, L_1 die Betriebslänge einer Bahn, $\sum(l)$ die Summe der Längen aller horizontalen Strecken, $\sum(l_1)$ die Summe der Längen der in Steigungen liegenden Strecken, deren Steigungsverhältniss mit $\frac{1}{p}$ bezeichnet wird, $\sum(\alpha)$ die Summe der Zentriwinkel aller auf der Bahnstrecke vorkommenden Kurven, so ist nach Ghega (für das Kilometer als Längeneinheit):

$$L_1 = \sum(l) + \sum\left[l_1\left(1 + 100\frac{1}{p}\right)\right] + 0{,}75\,\frac{\sum(\alpha)}{360}$$

Ausführliches über die Vergleichung von Konkurrenz-Linien findet man u. a. in der Instruktion für die Tracirung der Braunschweig'schen Eisenbahnen (Organ f. d. Fortschr. d. Eisenb. Jahrg. 1856) und in „Graphische Darstellung der Leistungsfähigkeit einer Güterzug-Lokomotive von 50 T Gesammtgewicht incl. Tender und 38570 k adhärirendem Gewicht bei verschiedenen Steigungen, Kurven, Geschwindigkeiten und Witterungs-Verhältnissen, von Menne und Dörenberger." Wird mit letzteren Autoren bezeichnet mit:

P das Gesammtgewicht des Zuges incl. Maschine und Tender, in Tonnen à 1000 k;
P_1 das Gewicht des Zuges excl. Maschine und Tender, gleichfalls in Tonnen;
Z der Gesammt-Widerstand des ganzen Zuges in Kilogr., im vorliegenden Fall:

bei trockenen Schienen $= \frac{1}{5} \cdot 38570 = 7714$ k,
bei nassen Schienen $= \frac{1}{9} \cdot 38570 = 4286$ k,
im Durchschnitt . . . . $= 6000$ k,

V die Geschwindigkeit in Kilometern pro Stunde;
S die Stirnfläche des Zuges = rot. 5 □m;
E die Basis der Rampe, mit welcher 1 m Höhe erstiegen wird;
Y der (von der Geschwindigkeit nahezu unabhängige) mittlere Widerstand in Kilogr., den 1000 k Zuggewicht in Kurven erfahren:

= 0 k	für Kurven von 800 m Radius	= 1,3 k	für Kurven von 500 m Radius
= 0,1 k	„ „ „ 700 m „	= 2,4 k	„ „ „ 400 m „
= 0,6 k	„ „ „ 600 m „	= 3,7 k	„ „ „ 300 m „

so ergiebt sich:

$$Z = \left(2{,}3 + 0{,}05\,V + 0{,}006\,\frac{S\,V^2}{P} + \frac{1000}{E} + Y\right) P$$

$$P_1 = \frac{Z - 0{,}006\,S\,V^2}{2{,}3 + 0{,}05\,V + \frac{1000}{E} + Y} - 50$$

Hierbei ist in der Entwickelung der Formel zur Ermittelung der Betriebskosten bei den Steigungen nur der vermehrte Kohlenverbrauch und die Vermehrung der Reparaturkosten berücksichtigt worden. Für den Kurven-Widerstand ist die aus den Beobachtungen der Hannov. Südbahn entwickelte Regel angenommen worden, dass der Widerstand der Kurven gleich demjenigen einer Steigung von $0{,}77\frac{1}{R}$ sei, wobei R in Metern gedacht ist. —

Für die Steigungen einer Bahn sind die Verkehrsverhältnisse oft entscheidender als die Terrainverhältnisse, und grosser Kostenaufwand für die Erzielung mässiger Steigungen ist nur motivirt für Bahnen mit sehr bedeutendem Verkehr.

Zur Ueberwindung einer bestimmten Höhe empfiehlt es sich in

den meisten Fällen, die für die Bahn angenommene grösste Steigung auf einer Strecke zu konzentriren; die Bauausführung wird dann meist billiger und der Betrieb geregelter und einfacher.

Die Kurven sind auf die Zugkraft von geringerer Einwirkung als die Steigungen, dagegen sind die Widerstände der Kurven immer schädlich, sowohl für die Zugkraft als für das Material. Die Nachtheile der Kurven bestehen auch in geringerer Uebersichtlichkeit der Bahn und meist in bedeutenderen Baukosten für grössere Brücken etc.; die Nachtheile der Steigungen in dem leichteren Verschieben der Schienen und der stärkeren Inanspruchnahme des Ueberbaues eiserner Brücken beim Bremsen etc. — Unmittelbar vor Bahnhöfen sind starke Steigungen so viel als möglich zu vermeiden.

Tunnel werden auch in 1gleisiger Bahn meist 2gleisig ausgeführt, können aber in festem Gestein zuweilen vortheilhafter 1gleisig gebaut werden, sofern die Herstellung des 2. Gleises erst in sehr später Zeit zu erwarten steht.

Frequente Chausseen und viel benutzte andere Wege sollen, wo irgend vermeidbar, nicht im Niveau gekreuzt werden. —

2. Geometrische Vorarbeiten.

Die geometrischen Vorarbeiten zerfallen in generelle und spezielle. Die ersteren finden ihren Ausdruck in einem Längen-Nivellement, einem Situationsplan und einem Kostenüberschlage; sie sollen die Möglichkeit der Anlage in gewissen Grenzen und unter gewissen Bedingungen darlegen, die speziellen Vorarbeiten das in allen seinen Einzelheiten bearbeitete Projekt zur Anschauung bringen.

Die preussischen Bestimmungen vom Oktober 1871 fordern für die generellen Vorarbeiten ein Längenprofil und die ungefähre Situation der nächsten Umgebung der Bahnlinie im Maasstab von 1 : 10000 der natürl. Grösse für die Längen und 1 : 500 für die Höhen; für die speziellen Vorarbeiten: Situation und Länge des Nivellements im Maasst. von 1 : 2500, die Höhen des Profils in 1 : 250. Die Umgebung ist in der Breite von 250 m zu jeder Seite der Bahnlinie aufzunehmen; Horizontal-Kurven sind für Höhen-Abstände von 1—5 m im Situationsplan anzugeben; Stationirung der Linie mit 100 m und Untertheilung mit 50 m.

Bauwerke aller Art sind in der Regel im Maasst. von 1 : 100 zu zeichnen, die allgemeine Anordnung des Oberbaues nach dem Maasst. von 1 : 30. Schienenprofile, Laschen, Schrauben, Unterlagsplatten etc. sind in natürlicher Grösse zu zeichnen. Zerfällt ein Plan in mehre Blätter, so sind am Anfang und Ende 100 m vom vorher gehenden bezw. folgenden Blatt — in einfachen Linien — darzustellen. — Bestehendes ist schwarz anzugeben, Projektirtes roth. Wasser blau, sowohl in den Linien als in den beigeschriebenen Zahlen etc. Für Bahnhofs-Projekte gelten besondere Vorschriften. —

Die Höhenangaben der Pläne werden auf einen Normal-Horizont bezogen, als welcher in Nord- und Mitteldeutschland theils eine durch den Nullpunkt des Amsterdamer Pegels gelegte Horizontale, theils auch der Ostseespiegel bei Swinemünde oder Neufahrwasser gilt. Die unter diesen Punkten bestehenden Relationen sind, nach dem von der preussischen Landesaufnahme ausgeführten Präzisions-Nivellement bezw. nach den Anschlussarbeiten der holländischen Vermessungstechniker (von 1875 u. 1876), folgende:

Null d. Amst. P. = + 3,513 m am Neufahrwasser P.
do. = + 1,077 m am Swinemünder P.

Amsterdamer Mittelwasser = — 0,144 m A. P., liegt 0,155 m unter dem Mittelwasser von Neufahrwasser und 0,120 m unter dem Swinemünder Mittelwasser.

Eine bisher im Gebrauch befindliche, unrichtige Annahme ist:

Null d. Amsterd. P. = + 1,745 am Neufahrwasser P.

In Süddeutschland, insbes. in Bayern werden die Höhen auf einen Normal-Horizont bezogen, welcher bestimmt ist durch folgende Relation:

Null d. bayer. Norm.-Horiz. = + 862 m, bezogen auf dem Meeresspiegel bei Venedig,
oder auch:
Null d. bayer. Norm.-Horiz. = + 466,976 m am Bodensee-Pegel bei Lindau.

Eine vorläufige, der Verifikation bedürfende Annahme ist:

Null d. bayer. Norm.-Horiz. = + 861,350 m am Amsterd. P. —

Die Kenntniss der zu den Aufnahmen erforderlichen Instrumente wird hier vorausgesetzt, ebenso die Bekanntschaft mit den verschiede-

nen Messmethoden und mit der Darstellung der Messungen auf dem Papier oder im Modell (Reliefpläne).

Die Kosten, welche die Ausführung der generellen Vorarbeiten verursacht, sind, je nach der Beschaffenheit des Terrains, zu 75—130 M. pro Kilometer Bahnlänge anzunehmen.

Die Kosten der speziellen Vorarbeiten hängen von der grösseren oder geringeren Genauigkeit ab, mit welcher die generellen Vorarbeiten ausgeführt wurden. Es ist aber Thatsache, dass durch sehr ausgedehnte spezielle Bearbeitungen des Projekts, neben einer wesentlich verbesserten Lage der Linie bezüglich der Betriebsverhältnisse, auch bedeutende Summen für die Bauausführung erspart werden können, so dass für spezielle Vorarbeiten sich grössere Aufwendungen im allgemeinen rechtfertigen. Man kann annehmen, dass genau und gründlich ausgeführte spezielle Vorarbeiten, je nach der Gestaltung des Terrains, zwischen 600 bis 1500 Mark pro Kilometer Bahnlänge und selbst noch darüber kosten werden. —

B. Konstruktion und Ausführung.

1. Die Spurweite.

Die bei den deutschen und den meisten europäischen Eisenbahnen vorkommende Spurweite der Hauptbahnen ist auf die bei gewöhnlichen Strassen übliche Spurweite der Fuhrwerke von 5' engl. (zwischen den äusseren Rändern der Räder gemessen) zurück zu führen. (Stephenson's Bestimmung der Spurweite bei der Stockton-Darlington Bahn, 1828). Man rechnete dabei 1'' Spielraum und 2¼'' Breite für die Spurkranzschienen und erhielt danach 5' — 2 . 2¼'' + 1'' = 4' 8½'' engl. = 1,436^m. Die Techn. Vereinbarungen bestimmen, dass die Spurweite im Lichten 1,435^m betragen soll.

Um grössere und leistungsfähigere Lokomotiven benutzen zu können, wurde die Spurweite später, und zwar von Brunel beim Bau der Great Western-Bahn, breiter (bis zu 7' engl.) angenommen, so dass bei den verschiedenen Hauptbahnen Spurweiten zwischen 1,435 und 2,134^m vorkommen. Die Weite von 1,435^m ist durchweg eingeführt auf den Hauptbahnen in Deutschland, Oesterreich, der Schweiz, Belgien, Schweden, Norwegen und Italien; in Frankreich ist das Maass für die Spurweite zu 1,5^m von Mitte zu Mitte der Schienen und neuerdings fast durchweg zu 1,45^m im Lichten festgesetzt. Die Bahnen in Russland haben eine Spurweite von 1,524^m, diejenigen in Brasilien, Australien und Irland eine solche von 1,60^m, in Ostindien, Chile, Portugal und Spanien 1,68^m und 1,736^m; in England hat man statt der dort früher vorhandenen 7 verschiedenen Spurweiten, die zwischen den oben angegebenen Grenzen variirten, nach und nach die kleinste von 1,436^m fast allgemein eingeführt; nur auf der Great Western-Bahn und einigen anschliessenden Bahnen im südwestlichen England kommt zur Zeit die frühere grosse Spurweite — meist jedoch verbunden mit der kleineren — noch vor. In Amerika sind 5 verschiedene, wenig von einander abweichende Spurweiten zwischen 1,436 und 1,680^m vorhanden, doch bestrebt man sich auch dort, eine einheitliche Spurweite, und zwar die am meisten verbreitete von 1,436^m herzustellen.

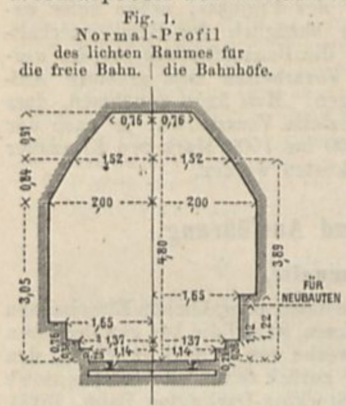
Die Spurweiten der Nebenbahnen — sekundären Bahnen — betragen zwischen 0,60 und 1,22^m; z. B. die Festiniog-B. in England 0,63^m, die Bröhlthal-B. 0,79^m, die Ocholt-Westersteder-B. 0,75^m, die Bahn von Comentry nach Montluçon und die von Antwerpen nach Gent 1,0^m; die norwegischen, z. Th. auch die schwedischen Bahnen, die Tongoi-B. in Chile und die Queensland-Bahnen 1,07^m; die Linz-Budweiser und die Elisa-

beth-Westbahn 1,11^m; ein Theil der schwedischen schmalspurigen Bahnen 1,22^m. Der Verein deutsch. Eisenb.-Verw. empfiehlt für schmalspurige Bahnen die Spurweiten von 0,75 und 1,0^m. —

2. Allgemeines über die Herstellung des Planums.

Der für ein Gleis erforderliche Raum muss dem vorgeschriebenen Normalprofil des lichten Raumes genügen.

Fig. 1.
Normal-Profil
des lichten Raumes für
die freie Bahn. | die Bahnhöfe.



Die Techn. Vereinbarungen bestimmen: Auf der freien Bahn ist das beistehende (linkseitige) Normalprofil des lichten Raumes mindestens inne zu halten. Bei Neubauten ist auf die Spur-Erweiterung und Ueberhöhung in Kurven bezüglich der Innehaltung des Normalprofils Rücksicht zu nehmen. Auf denjenigen Gleisen der Bahnhöfe, auf welchen Züge bewegt werden, ist das rechtsseitige Normalprofil mindestens inne zu halten. — Für die durchgehenden Gleise der Bahnhöfe ist die Innehaltung des linksseitig gezeichneten Normalprofils zu empfehlen. — Für Neubauten ist das Höhenmaass der 3. Stufe des Normalprofils von 1,220^m auf 1,120^m zu reduziren. — Erhebungen der Zwangschienen, der Drehscheiben-Verschluss-Vorrichtungen und ähnlicher, jedoch die Bewegung der Lokomotiven und Wagen nicht hindernder Gegenstände sind nach Maassgabe des Normalprofils bis zur Höhe von 50^{mm} über Schienenoberkante zulässig.

In dem Bahnpolizei-Reglement f. d. Eisenb. Deutschlands vom 4. Jan. 1875 ist für die Bahnhöfe das obige Normalprofil mit der Maassgabe gestattet worden, dass die Grundlinie desselben nicht in der Schienenoberkante, sondern um 5^{cm} höher liegend angenommen wird.

Die Techn. Vereinb. bestimmen ferner: Die Doppelgleise in der freien Bahn sollen von M. z. M. nicht weniger als 3,5^m von einander entfernt sein. — Treten zu diesen Doppelgleisen noch weitere Gleise hinzu, so ist die Entfernung von dem alten Gleise auf mindest. 4^m fest zu setzen. — Bei Erbauung von neuen Bahnen wird überhaupt eine Entfernung sämmtlicher Gleise von 4^m empfohlen, konform dem Normalprofil des lichten Raumes. — Die Kronenbreite, in einer durch die Unterkante der Schienen gelegten Linie gemessen, soll vom Durchschnittspunkte der Böschungslinie bis zur Mitte des nächsten Gleises nicht unter 2^m betragen.

Es bestimmt sich hiernach die Bahnbreite einer 1gleisigen Bahn in Höhe der Schienenunterkante zu mindest. 4^m und die Breite des Planums (in Höhe der Unterkante des Bettungsmaterials, wenn die Stärke der Bettung einschliesslich der Schwellen in der geringsten zulässigen Stärke zu 0,4^m angenommen wird) bei 1,5facher Böschung zu 5,20^m. Bei einer mehrgleisigen Bahn tritt die Entfernung der Gleise von Mitte zu Mitte (3,5—4,0^m) hinzu. Die Breite einer 2gleis. Bahn in Höhe der Schienenunterkante ist hiernach zu 7,5^m bezw. 8^m, die einer 3gleis. zu 11,5^m bezw. 12^m u. s. w., die Planumsbreite bei 0,4^m Bettungshöhe zu 8,7 oder 9,2^m bezw. 12,7^m oder 13,2^m anzunehmen.

Die Böschungen (Dossirungen) erhalten bei Aufträgen meist eine Neigung von 1:1,5 bis 1:2,0, letztere jedoch selten und wohl nur bei reinem Sandboden. Noch flachere Böschungen kommen fast nur in nassem Torf- und Moorboden zur Anwendung. In Einschnitten wechselt die Böschung je nach der Bodenbeschaffenheit von Senkrecht oder annähernd Senkrecht bis zu dem Verhältniss von 1:1,5; bei Boden von geringer Kohäsion kommen auch noch flachere Böschungen als diese letzteren vor. —

Zum Aufenthalt der Arbeiter während des Vorüberfahrens der Züge und zur sicheren Begehung der Bahn werden in die Böschungen Bankette von 0,5—1,0^m Breite eingelegt, und zwar bei Aufträgen

gewöhnlich 0,6 bis 1,0^m^ unter Schienenunterkante und in den Abträgen in gleicher Höhe mit den Schienen. —

Der Planumsoberfläche wird zur Entwässerung des Bettungsmaterials eine Neigung nach den Seiten, gewöhnlich von 30 ‰ gegeben; bei den in starkem Gefälle liegenden Bahnstrecken wird auch wohl eine Entwässerungs-Rinne in der Mitte des Bahnplanums mit anschliessenden Querrinnen angelegt; in sehr nassem und weichem Boden wird die Entwässerung mittels Röhren — Drainröhren — ausgeführt.

Die Techn. Vereinbarungen enthalten hierzu die Bestimmung: Das Planum ist dergestalt trocken zu legen, dass das tiefste Eindringen des Frostes in die Erde nicht den höchsten Stand des Wassers erreicht. — Die Sohle des Bettungs-Materials muss unter allen Umständen eine vollständige Entwässerung nach den Seiten des Planums erhalten. — Wünschenswerth ist es, die Aussen-Bankette ganz aus durchlässigem Material zu bilden. — Das Bettungsmaterial soll sowohl unter den Schwellen als unter den Steinunterlagen wenigstens 200 mm stark sein. — Zur beständigen Trockenhaltung des Planums ist es nothwendig, die Oberfläche desselben mindest. 0,3 m bis 0,5 m über den höchsten Stand der Gewässer zu legen. — Sofern das Planum aus Boden zu bilden ist, welcher wenig inneren Zusammenhang hat, empfiehlt es sich, dasselbe durch eine Lage Sand oder sandhaltigen Boden zu bilden; letztere Anwendung ist auch bei Torfboden, der Feuergefährlichkeit halber, erforderlich. —

Im übrigen ist wegen der Planums-Arbeiten auf das Kapitel „Erdbau“ Bezug zu nehmen.

3. Oberbau.

Unter dem Namen Oberbau werden die verschiedenen Theile der Bahn: die Schienen und ihre Verbindungen, die Unterlagen derselben und die Bettung der letzteren verstanden.

Die Anforderungen, welche der Oberbau zu erfüllen hat, sind: 1) den Druck der Züge auf eine möglichst grosse Fläche des Unterbaues zu vertheilen, damit partielle Senkungen nicht statthaben können; 2) genügende Sicherheit zu bieten gegen Zerbrechen, Entgleisen und Umstürzen der Fahrzeuge; 3) möglichst geringe Anlage-, Unterhaltungs- und Betriebskosten zu verursachen. Hierin sind auch ohne spezielle Ausführung die Bedingungen enthalten, dass der Bewegung der Fahrzeuge der möglichst geringste Widerstand entgegen gesetzt werde und möglichst geringe Abnutzung derselben stattfinde, sowie dass möglichst wenig Störungen im Betriebe verursacht werden und dass nicht durch Stösse, Schwankungen, Geräusch etc. Unannehmlichkeiten für die Reisenden entstehen.

Die zuerst angewandten, in grösseren Längen hergestellten Schienen bestanden aus Gusseisen und ruhten direkt auf Langschwellen; später fertigte man 1^m^ lange, auf diese Entfernung durch Querschwellen unterstützte gusseiserne Schienen an, welche, der grösseren Tragfähigkeit wegen, in der Mitte mit verstärkenden Rippen versehen und in Stühlen lagernd, mit einander verbunden waren. In den Jahren von 1820—1830 wurden zuerst gewalzte Schienen, und zwar zunächst die Fischbauchschienen angewandt; im Jahre 1830 führte R. Stephenson alsdann die Parallelschienen ein, bei denen eine grosse Mannigfaltigkeit der Detailformen seitdem sich heraus gebildet hat. Am meisten verbreitet ist die breitbasige, sog. Vignoles-Schiene.

Von gewalzten Schienen unterscheidet man mehre Arten, und zwar: 1) solche, die durchweg aus gleichem, feinkörnigen Eisen hergestellt sind, und 2) solche, bei denen der Kopf aus Feinkorneisen und der Steg und Fuss aus sehnigem Eisen besteht. Sodann kommen noch Schienen vor, bei welchen der Kopf aus Stahl und der übrige Theil aus Schmiedeisen besteht (Stahlkopfschienen), ferner Gusstahlschienen, welche durchweg aus Gusstahl, und zwar entweder aus Puddel- oder aus Bessemerstahl, fabrizirt sind, und endlich zementirte Schienen, welche eine oberflächliche Stahlbildung am Kopfe durch ein mehrtägiges Glühen in Holzkohlenfeuer erhalten haben.

a. Schienen-Fabrikation.

Ueber die Fabrikation der Schienen ist mit Bezugnahme auf die Abschn. „Metallurgie und Technologie“ nur Folgendes anzuführen:

Der Frischprozess des Roheisens (welches eine Verbindung von 2,5 bis 5% Kohlenstoff mit reinem Eisen ist) wird entweder in offenen Herden oder in Puddelöfen, welche eine geschlossene Feuerung bilden, durchgeführt. Beim Frischen im offenen Herde kommt das Brennmaterial direkt mit dem Roheisen in Berührung; im Puddelofen treten nur die Flamme und die erhitzten Gase an das Eisen heran. Beim Frischen in Bessemer-Retorten wird dem geschmolzenen Eisen gepresste atmosphärische Luft zugeführt, wodurch die Verbrennung des überschüssigen Kohlenstoffes bewirkt wird. Zur Massenproduktion, wie z. B. zur Schienenfabrikation, werden nur die beiden letzteren Arten des Frischprozesses angewendet. Man erhält Schmiedeeisen, sobald dem Roheisen der Kohlenstoff möglichst vollständig entzogen wird, bei weniger weit gehender Entziehung Stahl. Ein Mittelding zwischen Schmiedeisen und Stahl ist Feinkorneisen, welches ungefähr 0,25% Kohlenstoff enthält und sich wegen seiner guten Schweissbarkeit bei genügender Härte und Dichtigkeit zur Bildung der Schienenköpfe besonders eignet. Tiegel-Gusstahl wird durch Umschmelzen von Zement-, Puddel- oder Bessemer-Stahl unter Zusatz von Mangan in Tiegeln erzeugt. — Stahl hat im Vergleich zu Schmiedeisen grössere Widerstandsfähigkeit bei geringerer Dehnbarkeit, sowie die Eigenschaft, eine grössere Härte anzunehmen, wenn derselbe im glühenden Zustande in Wasser abgekühlt wird.

Die Schienenfabrikation wechselt in Einzelheiten mit der Form der Schiene. Bei nachstehender Beschreibung ist vorwiegend auf die breitbasige Vignoles-Schiene gerücksichtigt worden.

Eine gute Schiene muss neben einem sehr harten Kopf eine gleichförmige Dichtigkeit und einen dehnbaren, gegen Bruch schützenden Fuss haben; es müssen daher Kopf und Fuss aus ungleichem Material, und zwar ersterer aus Feinkorneisen oder Stahl, letzterer aus weichem, sehnigen Eisen bestehen.

Die Schienen werden, wie z. B. die Schienen aus Gusstahl — Tiegel- oder Bessemer-Gusstahl, — entweder aus einem einzigen Stück oder auch aus einem sog. Packet, das aus einzelnen, zu einem Bund vereinigten Stäben zusammen geschweisst worden ist, gewalzt. Bei der Bildung des Packets nimmt man zum obersten Theil der Schiene eine sog. Kopfplatte, die gewöhnlich 5^{zm} dick ist, von hartem, körnigen Material; darauf folgend weniger sorgfältig erzeugte, jedoch unter einander gut schweissbare Platten von 1,5—2^{zm} Stärke, und zum unteren Theil eine oder mehre besondere Platten (Fussplatten) aus zähem, sehnigen Material. Bessemerstahl-Kopfplatten werden aus einem Stück, mithin ohne Schweissnäthe, dagegen Kopfplatten aus Eisen oder Puddelstahl durch eine Packetirung aus mehren einzelnen Lagen gebildet. Die mittleren Platten müssen, wie schon bemerkt, unter einander gut schweissen, aber auch mit der Kopf- und Fussplatte eine gute Schweissung eingehen. Zur Vermeidung von Schweissnäthen in oder dicht unter dem Kopfe der Schiene empfiehlt es sich, die Kopfplatte stets aus einem Stück herzustellen. Stahlschienen werden nicht immer aus einem Stück, sondern auch durch Packetirung und Schweissung einzelner Stäbe aus Puddelstahl fabrizirt; hierbei sind die letzteren sorgfältig zu prüfen und zu sortiren und unter einem schweren Dampfhammer gut zu schweissen.

Für die Fabrikation von Eisenbahnschienen wird fast auschliess-

lich weisses oder halbirtes Roheisen zur Darstellung von Schmiedeisen verwendet.

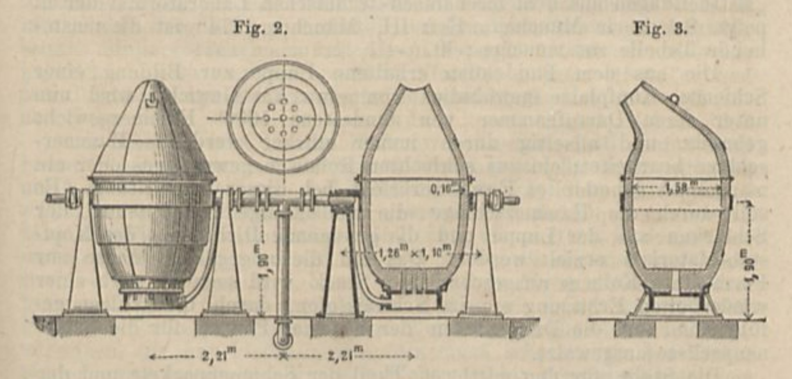
Bei Ausführung des Frischprozesses wird durch die Regulirung des Feuers und durch fortgesetztes Hin- und Herschieben und Umdrehen des, bald in einen teigigen Zustand übergehenden, flüssigen Roheisens im Ofen die Entkohlung und die Ausscheidung der fremden Bestandtheile bewirkt. Je mehr der Frischprozess vorschreitet, desto mehr nimmt das anfängliche starke Aufkochen des Materials ab, die Schlacken sinken nieder und die Eisentheile vereinigen sich, so dass die Bildung der Luppen vorgenommen werden kann. Luppen werden die durch Drücken und Wenden mittels der Arbeitsstangen unter dem Einfluss der Flamme des Herdes sich ballenden Klumpen von garem Eisen genannt. Die Arbeit, welche zur Erzeugung der Luppen aus einem Einsatz erforderlich ist, nennt man eine Charge; in 12 Arbeitsstunden können etwa 8 Chargen ausgeführt werden.

Puddelstahl wird in ähnlicher Weise wie Puddeleisen erzeugt, nur muss das zur Stahlerzeugung nöthige Eisen rein von fremden Beimischungen sein und der Puddelprozess etwas früher als bei der Erzeugung von Eisen abgebrochen werden.

Durch die Behandlung des Roheisens in den Bessemer-Retorten (Konvertoren) wird — für die Schienenfabrikation — hauptsächlich Stahl erzeugt; flüssiges Roheisen wird dabei in die Retorten geschüttet und in diese von unten atmosphärische Luft eingepresst, deren Sauerstoffantheil die Verbrennung des überschüssigen Kohlenstoffs bewirkt. Um ein Produkt von genau bestimmtem Kohlenstoffgehalt zu erzielen, sind zweierlei Wege möglich. Entweder wird der Kohlenstoff mehr oder weniger vollständig aus der in Behandlung befindlichen Roheisen-Masse beseitigt und dann eine Quantität flüssiges Eisen mit genau bekanntem Kohlenstoffgehalt wieder zugesetzt, oder es wird der Prozess der Entkohlung bis zu dem Zeitpunkt unterhalten, wo die Masse den erforderlichen Kohlenstoffgehalt noch gerade besitzt. Ersteres Verfahren gewährt die grössere Sicherheit für das gute Gelingen der Stahlbereitung, letzteres ist das einfachere.

Die Retorten (Fig. 2, 3), welche bei der Minimalgrösse 4000^k, bei der am meisten gebräuchlichen Grösse 5000^k, und bei der, nur selten vorkommenden Maximalgrösse 10000^k Eisenmasse fassen kön-

Fig. 2. Fig. 3.



nen, bestehen aus starkem Eisenblech mit Ringarmirung und sind mit feuerfestem Thon gefüttert. An die Ringe sind die hohlen Drehungsachsen angeschmiedet, durch welche die Luft in die Retorten

eingeführt wird; der Boden derselben hat Winddüsen, welche gleichfalls aus feuerfestem Thon hergestellt sind. Der Deckel am Boden der Retorte, welcher aus Gusseisen besteht, dient zugleich als Sammelkasten zur Vertheilung der gepressten Luft. Die zur Drehung um die horizontale Achse eingerichtete Retorte wird durch Dampfkraft oder einen hydraulischen Motor bewegt. Nach dem Einschütten wird das Dampfgebläse angelassen und dann, während die gepresste Luft durch die Düsen eintritt, die Retorte in eine mehr vertikale Stellung gebracht. Bei dem nur etwa 10—20 Minuten andauernden Frischprozess unterscheidet man 3 Zeitabschnitte: Zuerst bildet sich Schlacke, wobei Eisen unter Entweichung einer braungelb gefärbten Flamme verbrennt. Sodann zeigt sich eine blendend helle Flamme mit Auswurf von Schlacken; während dieser Periode wird der Kohlenstoff zu Kohlenoxydgas umgewandelt und mit dem Silizium verbrannt. Endlich tritt ein Zurücksinken und Erblassen der Flamme, verbunden mit dem Aufhören des Schlackenauswurfes ein. Beim Beginn der letzten Periode wird die Luftzuführung unterbrochen und sodann eine Quantität flüssiges Spiegeleisen (kohlenstoff- und manganreiches reines Roheisen) zugesetzt, wodurch man den, dieser Zuführung von Kohlenstoff entsprechenden flüssigen Stahl erhält. Einige Minuten später wird dann die Masse in gut erwärmte gusseiserne Formen gegossen und demnächst zur weiteren Bearbeitung dem Hammer oder den Walzen zugeführt. Zur genauen Bestimmung des Zeitpunktes, an welchem die Luftzuführung unterbrochen werden muss, dient das Spektroskop. —

Vor der weiteren Verarbeitung der Stahlgussblöcke wird jede einzelne Charge auf chemischem und mechanischem Wege geprobt; erstere Probe dient zur genauen Erkennung des Kohlenstoffgehaltes (Methode Eggertz), letztere um den Härtegrad des Stahles zu prüfen.

In wie hohem Grade die Eigenschaften des Bessemerstahles von dem Kohlenstoffgehalt desselben abhängig sind, zeigen in ganz besonderer Schärfe die Versuche des Professors Bauschinger in München, der eine grössere Anzahl von Proben aus den Ternitzer Stahlwerken auf Elastizität und Festigkeit untersucht hat. Aus der über die Ergebnisse dieser Versuche erschienenen Separat-Publikation: „Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der k. polyt. Schule in München, Heft III, München 1874“ ist die umstehende Tabelle zusammengestellt. —

Die aus dem Puddelofen erhaltene Luppe zur Bildung einer Schienen-Kopfplatte (gewöhnlich von etwa 75^k Gewicht) wird nun unter einen Dampfhammer von mindestens 5000^k Hammergewicht gebracht und allseitig durch immer stärker werdende Hammerschläge bearbeitet; ein aus schlechtem Roheisen gewonnenes oder ein mangelhaft gepuddeltes Eisen zerbricht bei dieser Bearbeitung. Es soll durch die Hammerschläge die vollständige Auspressung der Schlacken aus der Luppe und die genügende Dichtigkeit des Kopfstab-Materials erzielt werden. Das auf die angegebene Weise zur Form eines Kolbens ausgeschmiedete Stück wird sodann, nach einer wiederholten Erhitzung etc. im Schweissofen, durch die Walzen geführt und auf die Dimensionen der Kopfstab-Platten für die Schienenpackete ausgewalzt.

Die Stäbe für den mittleren Theil der Schienenpackete und der Fussplatte (letztere aus sehnigem Eisen gepuddelt) werden auf gleiche Weise, zum Theil jedoch mit leichteren Hämmern bearbeitet.

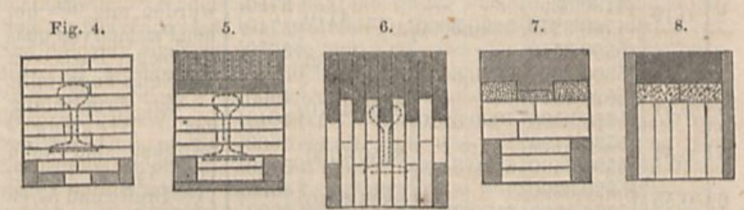
Proben mit Bessemer-Stahl aus den Ternitzer Werken.

Laufd. No.	Kohlenstoffgehalt in Proz.	Zugfestigkeit Kil. pro □zm	Elastizit.-Gr. bei Zug Kil. pro □zm	Druckfestigkeit Kil. pro □zm	Elastizit.-Gr. bei Druck Kil. pro □zm	Biegungsfestigkeit Kil. pro □zm	Elastizit.-Gr. bei Biegung Kil. pro □zm	Schubfestigkeit Kil. pro □zm	Bemerkungen.
1	0,14	4430	2950	—	—	—	3750	3430	Die Versuche auf Druckfestigkeit wurden mit 9zm hohen Prismen von quadratischer Basis von 3zm Seite angestellt. Zur Ermittelung der Biegungsfestigkeit sind Stäbe von 120zm Länge, 14zm Breite und 5,5zm Dicke benutzt, auf die bei 1m Stützenentfernung die Kraft in halber Länge wirkend angenommen wurde. Zu den Versuchen über Schubfestigkeit dienten Prismen von 15zm Länge mit 7 . 1 = 7□zm Querschnitt.
		4430	2950	4780	2775			3390	
2	0,19	4790	3350	—	—	—	4170	3710	
		4780	3270	5390	3000			3710	
3	0,46	5360	3510	—	—	8340	4030	3670	
		5300	3390	6330	3440			3500	
4	0,51	5520	3310	—	—	9300	4170	4000	
		5680	3500	7000	3220			4040	
5	0,54	5530	3490	—	—	8550	4030	3930	
		5590	3490	6110	3440			3930	
6	0,55	5620	3300	—	—	8825	4240	4000	
		5680	3300	6170	3440			4000	
7	0,57	5660	3450	—	—	9600	4450	3640	
		5550	3170	6550	3440			3650	
8	0,66	6310	3780	—	—	8600	4380	4280	
		6280	3710	6550	3775			4280	
9	0,78	6540	3870	7780	4000	8750	4650	4140	
		6400	3630	6830	3550			4140	
10	0,80	7260	4000	—	—	7645	4725	4890	
		7200	4010	9670	4440			4750	
11	0,87	7390	4400	—	—	7650	4700	5000	
		7320	4180	8940	4000			5000	
12	0,96	8690	4880	—	—	8480	6950	5930	
		7920	4860	9890	5000			5710	

Die Packetirung der Schienen — das Zusammenlegen und Zusammenfügen der einzelnen Stäbe zu einem einzigen Stabe — ist mit grosser Sorgfalt und Auswahl der einzelnen zusammenzuschweissenden Stäbe vorzunehmen und darauf zu achten, dass die Stäbe in ungleicher Breite verwendet und in Verband gelegt werden, so dass jede folgende Lage die Stossfugen der vorhergehenden um etwa 5zm überdeckt.

Die Packete erhalten die Höhe von 20—30zm und eine nahezu hiermit übereinstimmende Breite. Entweder geschieht die Packetirung mit horizontaler Lage der Stäbe, wie in Fig. 4 und 5, oder mit vertikaler Anordnung derselben, wie in Fig. 6. Zu bemerken ist, dass die Figuren so gezeichnet sind, dass die obersten Stablagen als zur Kopfplatte, die untersten als zur Fussplatte dienend anzusehen sind. — Zu dne mittleren Lagen wird häufig Eisen geringerer Qualität verwendet. Unter den Stäben, welche in einigen Figuren den Fuss des Packets begrenzen, sind bereits abgeschweisste Stäbe zu verstehen, die man hierzu nimmt, um einen scharfkantig begrenzten Schienenfuss zu erhalten, der sich nicht ergiebt, wenn die Fussluppen etwas schwefelhaltig sind. Fig. 7 stellt das Packet für eine Stahlkopfschiene dar; zwischen Kopf und Steg liegt eine Platte aus gut schweissendem (kaltbrüchigen) Eisen.

Da beim Durchgang durch die Walzen das Schienenprofil eine horizontale Lage hat, so wird bei der in Fig. 4 und 5 zu Grunde liegenden horizontalen Packetirung der grössere Druck der Walzen nicht in der Richtung normal zu den Hauptfugen der Stäbe, sondern parallel zu diesen ausgeübt, was für die gute Zusammenschweissung der einzelnen Lagen ungünstig ist. Aus diesem Grunde wird häufig von der vertikalen Packetirung, welche den gedachten Uebelstand vermeiden lässt, Gebrauch gemacht; Fig. 6 stellt das allgemeine Schema für diese Packetirungsweise dar. Für Bessemerstahl - Kopfschienen ist in England die kombinirte horizontale und vertikale Packetirung im Gebrauch. Fig. 8 zeigt ein Beispiel dazu, bei welchem zwischen Kopf und Steg, wie in Fig. 7, eine gut schweissende Platte liegt und


Fig. 4. 5. 6. 7. 8.

das Packet seitlich von 2 schwachen abgeschweissten Platten begrenzt wird, die besonders den Zweck haben, den Stahlblock seitlich zu umklammern, um denselben beim Anwärmen im Ofen gegen Ueberhitzung zu schützen, welche die gute Schweissung sowohl als die Erhaltung der richtigen Lage der einzelnen Theile im Schienenprofil leicht beeinträchtigt. Besonders um letztere wirksamer zu sichern, ist man einzeln zu der in Fig. 7 dargestellten Packetirung übergegangen, bei welcher der Stahlkopf eine Feder hat, die in eine entsprechende Nuth der nach unten hin folgenden Lage von Stäben eingreift. — Allgemein ist noch hinzuzufügen, dass das gute Zusammenschweissen bei Stahlkopfschienen ganz besondere Schwierigkeiten hat und dass man hierbei eine Zwischenlage aus vorzüglich gut schweissendem Eisen nicht entbehren kann.

Die Packete werden im Schweissofen so gelegt,, dass beim Einbringen die Kopfplatte nach unten kommt, damit der den Fuss bildende Theil des Packets zunächst der Flamme ausgesetzt wird; es geschieht dies deshalb, weil sehniges Eisen nur bei einem grösseren Hitzegrad schweisst, als das aus einer Puddeleisen-Luppe oder Stahl bestehende Material der Kopfplatte. —

Nach stattgefundener Schweissung des Packets wird dasselbe den Walzen zugeführt.*)

Die Stahlgussblöcke, aus welchen Stahlschienen gewalzt werden, dürfen nur langsam erwärmt und bei einer kräftigen Rothglühhitze unter die Walzen gebracht werden, wobei darauf zu achten ist, dass während des Walzprozesses der Hitzegrad ein möglichst gleichmässiger ist; diese Stücke passiren deshalb gewöhnlich den Schweissofen zweimal. In einem Schweissofen werden in der Regel in 12 Stunden 7 Chargen à 4 Packete geschweisst.

Die Walzenstrassen zur Schienenfabrikation bestehen entweder aus 2 oder auch aus 3 über einander liegenden Walzenreihen, deren Durchmesser — gleich dem Axenabstand — etwa $0{,}55^{m}$ misst. Der

*) Als historische Notiz ist es vielleicht interessant, hier anzugeben, dass die Erfindung des Walzens 1820 durch John Berkinshaw geschah.

Gebrauch von 3 Walzenreihen ist auf belgischen, derjenige von 2 auf deutschen Werken der übliche. Eine der Walzenreihen, die untere bezw. die mittlere, wird durch die Maschine — Dampfmaschine oder Wasserrad — direkt bewegt, die anderen sind durch Kräuselwalzen — Zahnräder von grosser Breite — mit der ersteren verbunden. Walzenstrassen mit 2 Walzen erfordern Maschinen von 100 Pfdkrft., solche mit 3 Walzen etwas stärkere Maschinen. Bei 2 Walzen kann das Packet nur von einer Seite die Walzenstrasse passiren, muss also nach jedem Durchgange — durch maschinelle Kraft — nach der anderen Seite zurückgegeben werden; bei 3 Walzen passirt das Packet zuerst durch die Kanneluren der oberen und mittleren, sodann rückwärts durch die Kanneluren der mittleren und unteren Walzenreihe. Es findet also beim Gebrauch von 3 Walzenreihen ein geringerer Zeit- und Wärmeverlust als bei 2 Walzenreihen statt; ausserdem bringt das dreitheilige System den Vortheil mit sich, dass die Streckung der Fasern in dem Packet in beiden Längenrichtungen stattfindet, während bei nur 2 Walzen jene Streckung immer in dem gleichen Sinne geschieht. Die Walzen machen 60—120 Umdrehungen pro Minute, die grössere Zahl beim Eintritt des Packets, die geringere beim Austritt der fertigen Schiene. Die Leistung einer Walzenstrasse beträgt bis 180 Schienen in 12 Stunden; da in einem Schweissofen in derselben Zeit 6—7 Chargen von je 4 oder 5 Packeten geschweisst werden, so sind für jede Walzenstrasse bei ununterbrochenem Betriebe 4—6 Schweissöfen erforderlich. Als höchste Leistung einer Walzenstrasse pro 24 Stunden würden sich etwa 70—75 Tonnen Schienen ergeben, als durchschnittliche Leistung für einen Monat darf man jedoch auf nicht mehr als etwa 200T rechnen. —

Zwischen dem Gewicht des rohen Packets und dem der fertigen Schiene findet eine ziemlich bedeutende Gewichtsdifferenz statt. Die fertige Schiene hat durchschnittlich nur etwa 75—80% des Gewichts des rohen Packets und es kommen von dem Manco etwa 8—10% auf Schweiss- und Walzverlust (Abbrand) und 12—14% auf das Gewicht der abgeschnittenen Enden. Letztere werden, noch heiss, unter besonderen Walzen zu plattenförmigen Stücken ausgewalzt, die in den folgenden Packeten wieder Verwendung finden.

Von besonderer Wichtigkeit beim Walzprozess ist die Abstufung, welche unter je 2 aufeinander folgenden Kanneluren stattfindet. Dieselbe muss so beschaffen sein, dass eine möglichst gleichmässige Streckung des Packets in den verschiedenen Kanneluren erfolgt; beim Durchgang durch die ersten 2 oder 3 derselben muss aber das Packet einem sehr bedeutenden Druck ausgesetzt werden, damit etwaige unvollkommene Schweissungsstellen noch verschwinden. Die Walzenstrasse zerfällt in 2 Theile: Vorwalzen und Vollendwalzen, zu welchen häufig noch eine dritte Strasse: zum Walzen von Kopfplatten, hinzutritt. Vor- und Vollendwalzen haben jede mindestens 6 Kanneluren, als Maximum kommen im Ganzen auch wohl 14 vor. Wo eine zweimalige Anwärmung des Packets stattfindet, ist die grössere Anzahl nothwendig. —

Zu den Schienen-Walzen ist nur das beste, dichteste Material der höheren Marken verwendbar und es wird immer halbirtes Eisen dazu benutzt. Das Eindrehen der Kanneluren erfolgt nach Stahlkalibern und mittels Stahlmeissel; besondere Genauigkeit fordern die letzten drei und unter diesen wieder die Endkannelure. Bei normalem Gange kann man 500—1000T Schienen walzen, ohne dass eine Adjustirung des Kalibers nöthig wird. Beim Beginn wird das Gewicht

der Schiene meist etwas klein sein, die Schiene das Minimalgewicht haben; mit weitergehendem Gebrauch der Walzen wird nach und nach das Maximalgewicht erreicht. Wenn in der Höhe der Schienen eine Minusdifferenz von 0,5^{mm} oder mehr stattfindet, muss eine Auswechselung der Walzen stattfinden. —

Die fertig gewalzte Schiene wird nun auf einem Wagen an die Schienensäge geführt, eine Kreissäge, die entweder durch eine pendelnde Bewegung oder durch eine horizontal angeordnete Gradführung an die Schiene gebracht wird. Die Säge hat zuweilen für jedes Schienenende ein besonderes Blatt, häufig aber hat dieselbe nur ein Blatt und einen sog. Normalansatz, gegen den das abgeschnittene Schienenende gestützt wird. Die 2. Säge, bezw. der Normalansatz müssen eine gewisse Verschiebbarkeit besitzen. Ist l die normale Länge der erkalteten Schiene, in Metern, δ das Schwindmaass pro Meter Schienenlänge beim Uebergang der Schiene vom rothglühenden in den kalten Zustand, so muss vor dem Abschneiden die Schienenlänge betragen: $L = l + \delta l$. Der Werth von δ ist von der speziellen Beschaffenheit des Materials abhängig und schwankt zwischen 0,010 und 0,020^{m}. Einzelne Packete ergeben nicht ganz die vorgeschriebene Normallänge der Schienen; welche anderen Längen und wie viel von jeder Art zugelassen werden sollen, ist ein Gegenstand spezieller Vorschriften in den Lieferungs-Kontrakten.

Nach dem Ablängen kommt die Schiene auf den Kühlplatz, wo auf besonderen Richtplatten oder auf genau adjustirten Unterlagen, die aus alten Schienen gebildet sind, das Richten derselben stattfindet. Dabei werden theils hölzerne Schlägel benutzt, theils auch wird der ungleiche Erkaltungszustand, in welchem Kopf und Fuss der Schiene sich befinden, verwerthet, um durch einfaches Auflegen der Schiene auf eine konvexe Richtplatte die Geraderichtung derselben in einer zu Fuss und Kopf parallelen — horizontal gedachten — Ebene zu erzielen. —

Nach vollständiger Abkühlung gelangen die Schienen in die Appretur, wo zunächst kleine Ungenauigkeiten der Kopfenden etc. durch Anwendung der Fraise oder einer anderen geeigneten Maschine beseitigt werden. — Den Fabrikstempel erhält die Schiene schon beim Durchgang durch eine der letzten Walzen-Kanneluren; der Tag der Fabrikation und sonstige, die Herstellung betreffende Angaben werden beim rothglühenden Zustande der Schiene durch Stempel auf dem Fusse derselben angebracht.

In der Appretur werden ferner auf der Geradrichtmaschine (einer Maschine, die 1 oder 2 Stempel hat, welche von einer Transmission aus bewegt werden) die Biegungen ganz kleiner Art, welche die Schiene noch zeigt, beseitigt; demnächst wird auf der Lochmaschine die Schiene gelocht und endlich erhält dieselbe auf der Stossmaschine die Einklinkungen des Fusses für die Hakennägel. —

Hiernächst erfolgt die Prüfung der Schiene, welche sich erstreckt: a) auf die Elastizität, b) die Bruchsicherheit, c) die gute Schweissung und die Texturbeschaffenheit des Materials. Die Anzahl der zu probirenden Schienen ist meist ½% der Gesammtmenge. Um die Proben mit Genauigkeit auszuführen, sollen nur solche Schienen dabei verwendet werden, deren Länge um ein Geringes über die Unterstützungspunkte hinausgreift.

Die Elastizitätsprobe wird mittels einer Hebelpresse vorgenommen; von besonderer Wichtigkeit ist dieselbe bei der Stahlschiene. Proben bei Eisenschienen ergaben folgende Resultate:

Abstand der Stützpunkte:	Druck bei Erreichung der Elastizitätsgrenze:
0,948m	13000k
1,066m	14000—15000k

Direkte Versuche mit Schienen der franz. Nordbahn ergaben für Eisenschienen mit gutem Kopfmaterial 1700k, für Stahlschienen mehr als 3800k pro □zm als Zugspannung an der Elastizitätsgrenze.

Bei Stahlschienen, mit welchen besonders in Frankreich zahlreiche Proben angestellt sind, wurde ermittelt:

Kohlenstoffgehalt in Prozenten:	Abstand der Stützpunkte:	Elastizitätsgrenze:
0,25—0,29	0,948m	17250k
0,30—0,35	"	18100k
0,36—0,43	"	18500k
0,54	"	21250k

In den Bedingnissheften für die Stahlschienen-Lieferung der französischen Nordbahn wird vorgeschrieben, dass die 30,3k pro lfd. Meter schweren Schienen, 1,1m weit freigelegt, 17000k Last 5 Minuten lang tragen müssen, ohne eine bleibende Biegung anzunehmen, und 5000k 5 Minuten lang, ohne mehr als 25mm Biegung zu zeigen.

Zur Feststellung der Bruchsicherheit dient eine Fallvorrichtung. Die franz. Nordbahn fordert, dass eine auf 1,1m freigelegte Stahlschiene den Stoss eines Fallgewichts von 300k ertragen muss, ohne dass bei 1,0; 1,5; 2,0 und 2,25m Fallhöhe die Durchbiegung die Werthe von bezw. 1,0; 3,5; 8,0 und 18,0—20,0zm wesentlich übersteigt. Etwas geringere Anforderungen stellt die Mittelmeerbahn. — Die Sicherheit gegen Bruch bei Fallproben nimmt mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt des Materials rasch ab und ist demnach bei Eisenschienen im allgemeinen grösser als bei Stahlschienen. Bei denselben 4 Stahlschienen mit ungleichem Kohlenstoffgehalt, für welche oben die Resultate der Elastizitätsproben mitgetheilt sind, trat bei 0,948m Stützenentfernung und 1000k Fallgewicht der Bruch etwa bei den Fallhöhen von bezw. 8,5; 8,6; 5,7 und 3,8m ein, während bei den Eisenschienen die Fallhöhe von 9,5m erreicht wurde. Eiserne Schienen der Odessa-Balta-Bahn, 125mm hoch mit 15mm Stegstärke, fabrizirt zu Seraing, ergaben bei 300k Fallgewicht und 1,067m Stützenentfernung folgende Resultate:

	Probe I.		Probe II.	
	Fallhöhe:	Durchbiegung:	Fallhöhe:	Durchbiegung:
1. Schlag	2,0m	4,7mm	2,5m	7,0mm
2. "	2,0	12,0	2,5	15,6
3. "	2,0	20,5	2,5	23,0
4. "	3,0	32,0	3,0	30,0
5. "	4,0	48,0	4,0	46,0
6. "	5,0	62,0	5,0	66,0

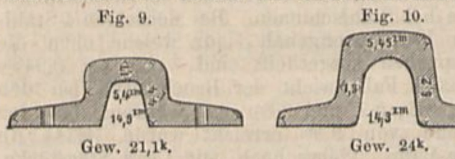
Die Probe auf Textur und Schweissung der Schienen wird am besten mittels einer Schraubenpresse vorgenommen. Die theils am Kopf, theils am Fuss eingehauenen Schienen werden unter der Presse langsam bis zum Bruche gebogen. Schienen, die am Kopf eingehauen sind, werden dabei auf den Fuss, Schienen, die am Fuss eingehauen sind, auf den Kopf gelegt. Bruchstellen, die durch Stoss, etwa unter Anwendung eines Dampfhammers, erzeugt worden, sind für die richtige Beurtheilung der Textur und Schweissung des Materials ganz ungeeignet und stehen als Kunststücke der Werkbeamten, die auf Täuschung des unkundigen Abnehmers berechnet sind, in üblem Ruf. —

Die techn. Vereinb. fordern, dass in den **Bedingnissheften für Schienenlieferungen** folgende Punkte beachtet werden: Dass die Schienen in der Regel in Längen von nicht unter 6^m verwendet werden; dass der Schienenkopf nicht weniger als 57^{mm} Breite hat; dass derselbe gewölbt oder eben ist, im ersteren Falle nach einem Radius von nicht unter 200^{mm} Länge; dass die Schienenenden normal zur Axe der Schiene abgeschnitten werden; dass als Schienenhöhe das Maass von nicht unter 130^{mm} eingehalten wird; endlich dass die sichere Tragfähigkeit der Schienen 7000^k pro Rad eines Eisenbahnfahrzeuges beträgt. Im Uebrigen sind bei Kontraktschlüssen noch Bestimmungen vorzusehen: über den zulässigen Prozentsatz an Schienen von geringerer als der normalen Länge; über Gewichtstoleranzen; über Beschaffenheit des Materials zu den Packeten event. den Gussblöcken; über Bearbeitung der Luppen, Packetirung, Minimum der Packetgewichte, Minimallängen der abzuschneidenden Enden, Verbot nachträglicher Reparaturen defekter Schienen; Vorschriften über Proben, Garantieleistung der Fabrik (3—6 Jahre bei Eisenschienen, bis 10 Jahre bei Stahlschienen); Ueberwachung der Fabrikation durch Delegirte des Bestellers, Stempelung der abgenommenen Schienen, Bezeichnung der verschiedenen Schienenlängen (etwa durch Oelfarbenanstrich der Stirnenden); über das Maass, bis zu welchem das Heissrichten der Schiene stattzufinden hat, und sonstige Bestimmungen, die bei Kontraktschlüssen allgemein oder zum Theil wiederkehren.

2. Schienenprofile.

Unter den bis jetzt vorwiegend zur Anwendung gekommenen Schienenformen haben die **Flachschienen** sich für die heutigen Fahrbetriebsmittel als zu schwach erwiesen und werden daher nicht mehr gebraucht. — Dieselben bilden die unmittelbare Vorstufe der **Brückschienen**, auch Brunel-Schienen genannt, desgleichen die der **Sattelschienen**. Die Brückschienen (Fig. 9 und 10) ruhen entweder auf Lang- oder Querschwellen. Im ersten Falle beträgt das Gewicht derselben im Mittel 23^k, im zweiten etwa 39^k pro lfd. Meter. Die Sattelschiene (Fig. 11), 1860 auf der Great-Western Bahn von **Seaton** gelegt, wird heute nur noch wenig oder gar nicht angewandt.

Fig. 9. Fig. 10.



Gew. 21,1k. Gew. 24k.

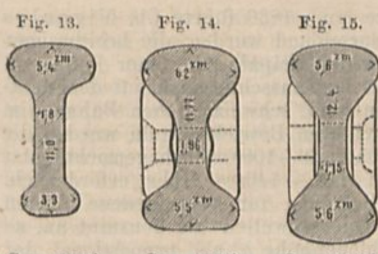
Fig. 11.

Fig. 12.

Gew. 24,7k

Die **Stuhlschienen**, auch hochkantigen Schienen, werden nicht direkt, sondern mittels sog. Schienenstühle auf den Querschwellen oder Einzelunterlagen gelagert. Zu denselben gehört zunächst die **schmiedeiserne, einfache hochkantige Flachschiene**, welche nur noch auf schmalspurigen Arbeitsbahnen vorkommt. Dasselbe gilt von der **Latrobe'schen Schiene** (Fig. 12), die seitlich an einer hölzernen Langschwelle befestigt wird.

Die **eigentlichen** Stuhlschienen können sein: **einköpfige, unsymmetrisch-2köpfige** und


Fig. 13. Gew. 29,15k Fig. 14. Gew. 32,66k Fig. 15. Gew. 35,04k

symmetrisch-2köpfige Schienen. Die einköpfige Stuhlschiene (Fig. 13) ist sehr bald durch die unsymmetrisch-zweiköpfige (Fig. 14) ersetzt worden, vorwiegend deshalb, weil die letztere eine bessere Befestigung in den Stühlen gestattet; man hat aber, mit Rücksicht auf die Festigkeitsverhältnisse, die beiden Köpfe gleich gemacht — symmetrisch-2köpfige Schiene (Fig. 15); — dabei ergab sich zugleich der Vortheil, die Schiene nach Abnutzung des einen Kopfes umwenden zu können. Dieser Vortheil ist jedoch nicht in vollem Maasse zu verwirklichen gewesen, weil bei der gewöhnlichen Konstruktion der Schienenstühle der untere, im Stuhl aufruhende Kopf durch Eindrücken häufig so sehr beschädigt wurde, dass die Umwendung der Schiene nicht mehr zulässig war; es zeigte ausserdem die umgewendete Schiene eine geringere Festigkeit, als die nicht umgewendete. Man suchte diese Mängel zwar dadurch zu beseitigen, dass man eine solche Stuhl- oder Lascheneinrichtung anwendete, bei der nicht mehr der untere Schienenkopf zur Unterstützung diente, sondern die Unterseiten des oberen Kopfes die Stützflächen bildeten; es wurde jedoch der stärkeren Schienenstühle bezw. längeren Laschen wegen, die man nun brauchte, diese Abänderung zu kostspielig. Die symmetrisch-2köpfige Schiene wird in Deutschland zur Zeit noch verwendet auf der Berlin-Potsdam-Magdeburger, der Magdeburg-Halberstädter, der Magdeburg-Leipziger und der Taunus-Eisenbahn; dieselbe hat eine durchschnittliche Höhe von 117 — 132mm und ein Gewicht von 28,7 — 35,8k pro lfd. Meter. Zur Befestigung in den Stühlen werden Keile aus hartem, trockenen Holze — Eichen- oder Akazienholz — in neuerer Zeit auch solche aus gehärtetem Stahl gebraucht. Damit eine Lockerung der Keile nicht eine gefährliche Spurerweiterung bewirkt, werden erstere auf den Innenseiten der Schiene eingetrieben. Bei Gleisen, die in beiden Richtungen gleich stark befahren werden, ist die Richtung, in der das Eintreiben der Keile erfolgt, gleichgültig; bei solchen Gleisen aber, die vorwiegend in nur einer Richtung befahren werden, sind die Keile so einzuschlagen, dass durch den Zug, welchen beim Befahren die Schienen erleiden, die Keile nicht gelockert, sondern angezogen werden — Keilrichtung entgegen der Fahrrichtung. — Stösse der Wagen wie auch Temperaturwechsel tragen ebenfalls zur Lockerung der Keile bei. —

Die breitbasigen oder Vignoles-Schienen ruhen auf Querschwellen; Kopf, Fuss und Steg sind bei denselben geschieden, besonders in Rücksicht auf relative Festigkeit, auf welche die Eisenbahnschienen vorwiegend in Anspruch genommen werden. Der Steg bildet den Verbindungstheil zwischen den beiden Gurten: Fuss und Kopf. Die Rücksichten auf die Stabilität und das Herstellungsverfahren der Schiene verbieten die Ueberschreitung einer gewissen Grenze für die Schienenhöhe, die, wenn lediglich die relative Festigkeit in Frage käme, möglichst gross zu wählen sein würde. Da bei Schmiedeisen innerhalb der Elastizitätsgrenze Zug- und Druckfestigkeit nahezu gleich sind, so sollen die beiden Gurte der Schiene auch nahezu gleichen Querschnitt erhalten. Die ersten breitbasigen Schienen, 100mm hoch, wendete M. Patrik 1833 auf der amerikanischen

Bahn von Boston nach Providence an. 1836 führte Ch. Vignoles dieselben in England ein. In Deutschland wurden die breitbasigen Schienen erst 1838, und zwar auf der Leipzig-Dresdener Bahn von Kunze angewendet; sie sind jetzt fast ausschliesslich auf den deutschen, österreichischen, russischen und schweizerischen Bahnen im Gebrauch. Bei den früheren, leichteren Betriebsmitteln wurden die breitbasigen Schienen 58—75^{mm}, später 88—100^{mm} hoch gemacht, jetzt sind für Hauptbahnen solche von 110 — 140^{mm} Höhe erforderlich. Nimmt man die Querprofile der Schienen für verschiedene Lasten als ähnlich und den Abstand der Querschwellen als konstant an, so ergiebt sich die erforderliche Schienenhöhe h als proportional der 3. Wurzel aus dem Drucke D eines Rades, den die Schiene zu erleiden hat. Für den üblichen Abstand der Schwellen von etwa 0,95^{m} (von M. zu M.) ist zu setzen:

$$\text{für Eisenschienen } h = 6{,}97 \sqrt[3]{D} \text{ Zentimeter;}$$

$$\text{für Stahlschienen } h_1 = 6{,}27 \sqrt[3]{D} \text{ Zentimeter;}$$

wobei D in Tonnen (à 1000^{k}) einzuführen ist. Für Bahnen, auf denen ausschliesslich Züge mit höchstens 22,5^{Km} Geschwindigkeit pro Stunde fahren, genügt 0,9 derjenigen Höhe, welche die obigen Formeln ergeben.

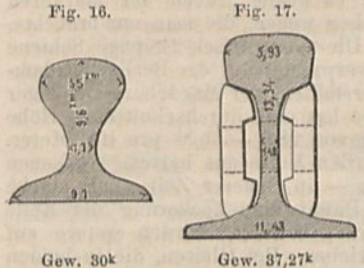


Fig. 16. Gew. 30^{k} Fig. 17. Gew. 37,27^{k}

Nach der Form des Kopfes werden die breitbasigen Schienen in solche mit birnförmigem (auch wohl wulst- und karniesförmigem) Kopf (Fig. 16) und mit scharf unterschnittenem Kopf (Fig. 17) unterschieden. Die Form der Unterseiten des Kopfes lässt man jetzt fast durchweg von der Art der anzuwendenden Laschenverbindung abhängig sein. Die Kopfbreite b und die Kopfhöhe c können aus der Schienenhöhe h nach folgenden Regeln bestimmt werden:

$$\text{für Eisenschienen } b = 0{,}46h \text{ und } c = 0{,}25h$$

$$\text{für Stahlschienen } b = 0{,}48h \text{ und } c = 0{,}21h$$

Hierbei ist die Kopfhöhe vom höchsten Punkte des Schienenkopfes bis zur Mitte der Anschlussfläche der Laschen gerechnet.

Die Fussbreite der Schienen ist theils durch die erforderliche Stabilität gegen Umkanten derselben, theils auch durch die Schaffung einer genügend grossen Auflagerfläche auf den Schwellen bedingt; man findet bei den ausgeführten Bahnen eine Breite des Fusses von 90 — 114,3^{mm}, mit einer Dicke desselben am Rande von 9 — 11^{mm}. Allgemein können die Fussbreite b, die Randdicke δ und die ideale Dicke δ^1 des Fusses (in der Axe der Schiene gemessen) nach folgenden Regeln bestimmt werden, worin h die Schienenhöhe, d die Stegdicke bezeichnet:

$$b = 0{,}85h; \quad \delta = 0{,}6d; \quad \delta^1 = 1{,}9\delta$$

und zwar gelten diese Regeln sowohl für Eisen- als für Stahlschienen.

Die Stegstärke der Schienen wird gegenwärtig zwischen 12 und 17^{mm} angenommen. Der Steg wird bei Durchbiegung der Schiene

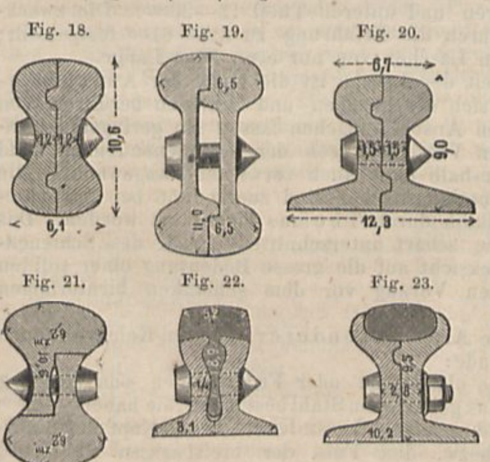
vorwiegend auf Schubfestigkeit, bei seitlichem Druck der Räder aber auf relative Festigkeit beansprucht. Nach Weber's bekannten Versuchen über die Stabilität der Eisenbahngestänge soll der Steg bis auf 3mm geschwächt werden können, ehe ein Umbiegen desselben leichter eintritt, als ein Umkanten der Schiene in Folge des Nachgebens der Nägel. Die Stegdicke d kann für Eisen- sowohl als Stahlschienen angenommen werden zu $d = 0{,}113h$, wobei eine konstante Stärke, der ganzen Steghöhe nach, vorausgesetzt ist; wächst dagegen die Stärke nach oben und unten, so nimmt man dieselbe in der Mitte zu $0{,}8d$ an.

Die Schienenlänge ist nach dem jetzigen Stande des Hüttenwesens zu 6,0—9,0m anzunehmen. Dieses Maass ist auch den Ansprüchen des Betriebes bezüglich des Legens, der leichten Auswechselung, der Wirkungen der Temperaturdifferenzen u. s. w. am meisten entsprechend. Die Mehrzahl der Bahnverwaltungen verwendet Schienen mit der Normallänge von 6,5 — 7,0m. Zum Ausgleich und für den inneren Strang in Kurven wendet man gewöhnlich noch eine andere Sorte von bestimmter Länge an, oder aber man zieht vor, ausschliesslich die Normallänge liefern zu lassen und die Schienen für spezielle Zwecke zu kürzen, wobei die Abkürzung am zweckmässigsten so vorgenommen wird, dass das nächste Bolzenloch, welches 40 — 60mm vom Ende entfernt steht, durchschnitten wird, weil dann beim Legen der Schienen die Bohrung nur eines neuen Loches ausreichend ist.

Das Schienengewicht hat im Laufe der Zeit beträchtlich zugenommen; die ersten Stuhlschienen wogen pro lfd. Meter 17—30k, die heutigen wiegen 35—40k; desgleichen hatten die breitbasigen Schienen anfangs nur ein Gewicht von 25—28k, während dieselben jetzt ein solches bis zu 38k und noch darüber haben (bei der Sömmering-Bahn z. B. 42,6k). Für breitbasige Schienen beträgt das Gewicht g in Kilogr. pro lfd. Meter annähernd: für Eisenschienen $= 0{,}220h^2$, für Stahlschienen $= 0{,}221h_1^2$ wobei h und h_1 in Zentimetern gedacht sind.

Ausser den bisher speziell besprochenen Schienenprofilen sind hier noch einige abweichende Arten zu erwähnen:

a. Die zusammengesetzten Schienen mit getrenntem Kopf (Fig. 18, 19, 20). Zwei in vertikaler Richtung getrennte Schienentheile greifen mit Feder und Nuth in einander und sind durch Niete oder Schrauben in je 0,6 bis 0,9m Entfernung mit einander verbunden. Erschütterungen beim Fahren werden hierbei — weil die Vertheilung der Stösse weitergehend ist als bei den eintheiligen Schienen — wenig bemerkbar; diese Schienen sind jedoch wegen ihres grösseren Gewichts und der Kostspieligkeit derselben wenig angewendet worden.



b. Die zusammengesetzten Schienen mit nicht getrenntem Kopf (Fig. 21, 22, 23, 24). Zwei- und dreitheilige Schienen, die den Zweck haben, sowohl den Stoss möglichst vollständig zu decken, als auch die Auswechselung des Kopfes für sich zu ermöglichen, um für denselben ein besseres Material als das gewöhnliche Eisen verwenden zu können. Auch diese Art der Schienen ist wegen der Mehrmaterialmenge und der Uebelstände, die durch die Verbindung und das Zusammenhalten der einzelnen Theile herbeigeführt werden, nicht zu empfehlen.

Fig. 24.

Die auf der Pennsylvania Zentralbahn angewandte Schiene von Booth, eine eiserne Schiene mit Stahlkappe, die durch Wiederholung des Walzens an den unteren Schienentheil angepresst wird, soll sich bewährt haben.

3. Kleineisenzeug, Laschen, Bolzen u. s. w.

Die Stossverbindungen der Schienen, welche neben ihrem Hauptzweck: die Kontinuität des Gestänges herzustellen, auch noch den Nebenzweck haben, das Eindrücken der Schienenenden in die Unterlage zu verhindern und dadurch Stösse und Schwankungen der Fahrzeuge, sowie Gleiserweiterungen thunlichst zu verhüten, werden am zweckmässigsten mittels Laschen hergestellt. Die Laschen haben sowohl gegen den Vertikaldruck als den Horizontalschub der Räder zu wirken. Die ersten, und zwar nur einseitig angebrachten Laschen wurden auf der Mississippi-Bahn durch van Rensselaer und später durch Trimble auf der Philadelphia - Wilmington - Baltimore - Bahn eingeführt. In Deutschland kamen Laschen zuerst 1848 auf der Köln-Mindener und der Hannnoverschen Staatsbahn für breitbasige nnd für Stuhlschienen zur Anwendung; auf der Westfälischen Bahn wurden zuerst Winkellaschen gebraucht.

Die Höhe der Laschen beträgt bei den zur Zeit üblichen Schienenprofilen zwischen 69 und 88^{mm}, die Dicke derselben in der Mitte 10—19^{mm} und im oberen und unteren Theil 13—20^{mm}. Die zweckmässigste Länge ist durch die Erfahrung zu 39 — 61^{zm} festgestellt; anfangs gebrauchte man Laschen von nur etwa 30^{zm} Länge.

Für die Wirksamkeit der Lasche ist die Form der Anschlussflächen, in welchen sich die Laschen und Schienen berühren, von Wichtigkeit; die ebenen Anschlussflächen lassen die geringsten horizontalen und vertikalen Verschiebungen der Schienenenden zu, und es werden dieselben deshalb jetzt auch vorwiegend angewandt. Die ebenen, keilförmigen Anschlussflächen sind zuerst 1856 bei den Schienen der Main-Weser Bahn durch Thomas eingeführt worden. Das nach der geraden Linie scharf unterschnittene Profil des Schienenkopfes verdient mit Rücksicht auf die grosse Bedeutung einer soliden Laschenkonstruktion den Vorzug vor dem schlanken birnförmigen Kopfprofil. —

Fig. 25.



Einige Arten besonderer Laschen-Konstruktionen sind folgende:

1) die elastischen oder Federlaschen von Dering (Fig. 25), aus gehärtetem Stahl bestehend; sie haben 6—9^{mm} Stärke und umfassen den unten liegenden Kopf der Stuhlschienen bezw. den Fuss der breitbasigen Schienen; Schrauben oder Niete werden durch die Elastizität der

Fig. 26.

56mm

Lasche ersetzt. Die Lasche ist im Allgemeinen nicht zu empfehlen.

2) Die verstärkten Laschen, welche eine Verstärkung der Schienen und dadurch eine möglichst vollkommene Kontinuität des Gestänges erzeugen, und zwar die von Desbrières (Fig. 26), welche unter die Schienen, fast um die Höhe derselben, herabreichen. Diese Laschen sind nur anwendbar für Stuhlschienen mit schwebendem Stoss.

3) Die Winkellaschen für breitbasige Schienen (Fig. 27), auf den braunschweigischen und bayerischen Bahnen üblich.

4) Die Laschen aus Gusseisen in Form von Stühlen (Fig. 28, 29).

Fig. 27.

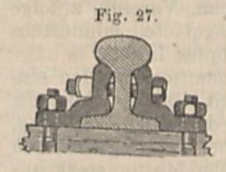


Fig. 28.

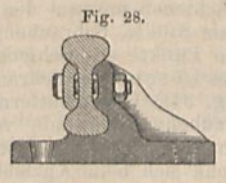
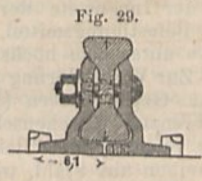


Fig. 29.



5) Die Laschen von Währer, bei welchen die äussere Lasche nach oben verlängert ist, sodass dieselbe das Rad unterstützt.

Laschenverbindungen für Stuhlschienen kommen sowohl beim schwebenden, als beim ruhenden Stoss vor und sind bei Anwendung des letzteren entweder in Form von Stühlen oder von Winkellaschen, welche zugleich den unteren Theil der Schiene unterstützen, gebildet. Letztere Laschenart ist zu empfehlen; da dieselbe u. a. den Vortheil hat, das Fortbewegen des Schienengestänges auf stark geneigten Strecken wirksam zu verhindern. —

Die Laschen werden entweder durch Niete oder Schrauben mit den Schienen verbunden; die Nietung ist wirksamer, weil sie nur geringe Lockerungen zulässt, dagegen werden Niete bei Auswechselungen etc. unbrauchbar. Auf fast allen Bahnen ist gegenwärtig die Schraubenverbindung im Gebrauch, wobei, mit sehr wenigen Ausnahmen, 4 Schraubenbolzen — anstatt 3, die nur noch bei einigen Bahnen vorkommen — verwendet werden. Der Druck zwischen Schiene und Lasche äussert sich am stärksten in der Mitte und an den Enden; mit Rücksicht hierauf wird sich folgende Eintheilung für die Stellung der Bolzenlöcher empfehlen: Entfernung der äusseren Schrauben $0{,}10\,l$, der mittleren $0{,}21\,l$ vom Ende der Laschen. Die Stärke der Schraubenbolzen wechselt zwischen 19 und 26mm. Unter Beibehaltung der bisherigen Bezeichnungen kann man folgende Dimensionen für Lasche und Schraubenbolzen wählen:

	für Eisenschienen	für Stahlschienen
Länge der Lasche	$3{,}54\,h$	$3{,}93\,h$
Bolzendurchmesser d	$0{,}17\,h$	$0{,}19\,h$
Laschendicke in der Mitte	$0{,}62\,d$	$0{,}62\,d$
Obere und untere Laschendicke	$0{,}90\,d$	$0{,}90\,d$
Konstante Laschendicke	$0{,}80\,d$	$0{,}80\,d$
Gewicht der Lasche in Kilogr. etwa	$0{,}0022\,h^3$	$0{,}0024\,h^3$

Der Schraubenbolzen erhält fast ausschliesslich eine zylindrische Form, während der Schraubenkopf quadratisch, 6seitig, halbkugelförmig etc. gemacht wird.

Bei dem Bolzendurchmesser d sind folgende Dimensionen als passend anzunehmen: Kopfhöhe $0{,}7\,d$; Durchmesser des runden Kopfes $1{,}8\,d$; Durchmesser des dem 6seitigen Kopf umschriebenen, bezw. des eingeschriebenen Kreises $2{,}0\,d$ u. $1{,}73\,d$; Seite des 4seitigen Kopfes $1{,}8\,d$.

Fig. 30.

Die Schraubenmutter (Fig. 30) ist gewöhnlich 6seitig, die Höhe derselben wird zu $1{,}0\,d$ bis $1{,}2\,d$ angenommen; die übrigen Dimensionen sind wie beim Kopfe. Unterlagsplatten der Schraubenmuttern werden nicht gerade häufig angewandt. Das Schraubengewinde wird allgemein nach der Whitworth'schen Skala bestimmt. Vorwiegend wird in neuerer Zeit die Schraubenmutter nach den äusseren Seiten des Gleises gelegt. An der Innenseite der Schienen müssen den techn. Vereinb. zufolge alle Befestigungsmittel, als Stühle, Schrauben, Nägel etc., mindestens 38mm unter dem höchsten Punkte des Schienenkopfes liegen. —

Zur Verhinderung des Lösens der Schraubenmuttern werden einfache Gegenmuttern (Fig. 31), Gegenmuttern mit linkem Gewinde, Differenzial-Laschenschrauben (2 Gewinde von derselben Richtung, aber verschiedener Steigung — Fig. 32), elastische Unterlagsscheiben (Scheiben aus Stahl, welche sich beim Anziehen der Mutter stark zusammendrücken), Vorsteckkeile (Fig. 33), Nuthstifte (zur Hälfte in die

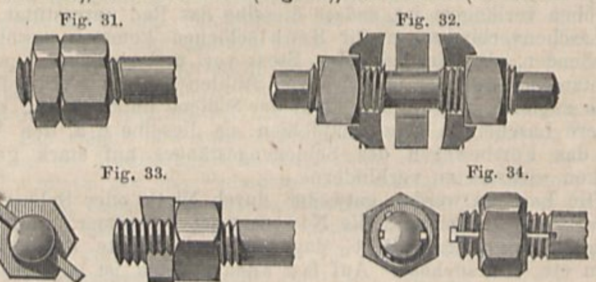
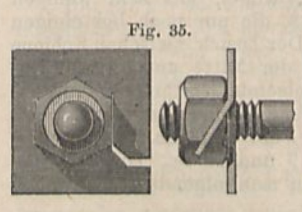

Fig. 31. Fig. 32.

Fig. 33. Fig. 34.


Fig. 35.

Mutter, zur Hälfte in den Bolzen eingreifend, Fig. 34), Versicherungsstifte von Bouchecourt (ein zwischen 2 Muttern gelegter Stift, welcher in einer Rinne der Lasche liegt), Unterlagsscheiben von Hohenegger (Unterlagsplättchen, von welchen ein Lappen in die Höhe gedrückt wird, Fig. 35), Klemm-Gegenmuttern von Palliser (die Hauptmutter hat eine konische Vertiefung, in welche ein konischer Ansatz der Gegenmutter passt) angewandt etc. etc. Im Allgemeinen ist der Gebrauch solcher Hülfsmittel jedoch selten. —

Die Bolzenlöcher erhalten, damit die durch Temperaturwechsel bewirkten Verschiebungen der Schiene vor sich gehen können, eine grössere Weite als der Bolzendurchmesser. Die Erweiterung beträgt in der Lasche $0{,}11\,d$, in der Schiene $0{,}22\,d$ und es findet dieselbe in der Längenrichtung des Gleises statt.

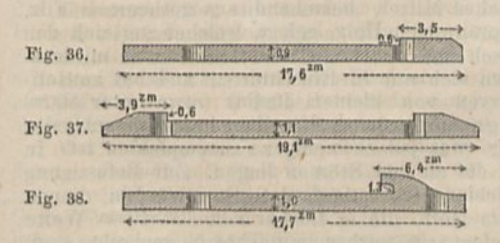
Die Befestigung der Schienen auf den Unterlagen ist gegen die seitliche Verschiebung, gegen das Umkanten, gegen die Senkungen, das Aufsteigen und die Längsverschiebungen der Schienen zu richten und hiernach anzuordnen. Dabei ist zu beachten, dass die auf Gleis-Erweiterung wirkende Kraft stets grösser ist,

als die auf Verengung wirkende. Einen gewissen Widerstand gegen die Gleiserweiterung leistet schon die nach innen geneigte Stellung der Schienen. Als die eigentlichen Sicherungsmittel dienen jedoch Hakennägel, Holzschrauben und Unterlagsplatten.

Holzschrauben waren auf deutschen Bahnen schon früher im Gebrauch, wurden dann aufgegeben, sind aber seit 1870 in Folge günstiger Erfahrungen, welche man mit denselben in Frankreich gemacht hat, bei den ersteren wiederum eingeführt. Ist Sicherheit vorhanden, dass dieselben wirklich eingeschraubt und nicht gewaltsam eingeschlagen werden, so sind sie zu empfehlen, da sie im ersteren Fall weniger leicht locker werden, als Hakennägel. Den häufigsten Gebrauch finden auf den deutschen Bahnen die Hakennägel. Dieselben haben gewöhnlich einen auf der Oberfläche gekrümmten Kopf, welcher 2 Ansätze (Ohren) zu beiden Seiten, zuweilen auch eine Verlängerung nach der rückwärtigen Seite hin hat; letztere um das Herausziehen des Nagels leichter bewirken zu können. Der Schaft ist entweder von kreisförmigem, 8eckigem oder quadratischem Querschnitt und geht in eine Spitze oder Schneide aus, je nachdem der Nagel bei Schwellen aus hartem oder weichem Holze verwendet werden soll. Es kommen ausserdem noch verjüngte Nägel, prismatische und ausgebauchte Nägel, solche mit Widerhaken, endlich Schraubennägel und gekrümmte Nägel zur Verwendung. Zweckmässige Verhältnisse bei Schienennägeln sind (bei der Schienenhöhe h und der Nageldicke d): Breite = Dicke = $d = 0{,}125\,h$; ganze Länge $10\,d$; Länge der Schneide $3\,d$; Länge des Hakens $1\,d$; Höhe des Hakens an der Wurzel $1\,d$; Dicke der Ohren $0{,}25\,d$; Breite der Achseln $0{,}6\,d$. Das Gewicht des Nagels beträgt hierbei in Kilogr. $0{,}075\,d^3$; dasselbe variirt zwischen 0,15—0,48^k pro Stück. —

Die Schienen werden mit je 2 gegen einander versetzten Nägeln auf jeder Schwelle befestigt, am ruhenden Stoss werden 4 Nägel, für jede Schiene 2, erforderlich; ausnahmsweise werden auch in engen Kurven, gewöhnlich unter Anwendung von Unterlagsplatten, 2 Nägel auf der äusseren Schienenseite eingeschlagen.

Um das zu starke Eindrücken der Schienen in die Schwellen am Stoss zu verhindern, wendet man hier vielfach neben der Laschenverbindung eiserne Unterlagsplatten an. In Kurven werden dieselben auch bei einer oder mehren Mittelschwellen gebraucht, und es wird zur Zeit der Gebrauch von Zwischenplatten auch für das gerade Gleis vielfach empfohlen. Die Unterlagsplatten erhalten entweder eine Rippe auf der äusseren Seite (Fig. 36), oder je eine auf beiden Seiten (Fig. 37); früher wurden auch sog. Krempelplatten (Fig. 38), d. h. Platten, die aufgebogen waren, um auf der inneren Seite über den Schienenfuss wegzugreifen, angewandt. Die Platten am ruhenden Stoss erhalten 4, diejenigen auf den Mittelschwellen 2 und die in schärferen Kurven auch wohl 3 Durchlochungen für die Hakennägel. Die Länge der Platten beträgt für ruhenden Stoss 0,16 bis 0,25^m, bei den Zwischenplatten 0,10 bis 0,21^m; die Breite 0,16 bis 0,21^m, die Stärke 8—13^mm, das Gewicht zwischen 1,2 und 5,2^k. Bei der Schienenhöhe h und der Schienenfussbreite b



wird zweckmässig die Dicke der Platte = $0{,}077\,h$, die Höhe der Rippen = $0{,}051\,h$, die Breite der Platten = $1{,}8\,b$ und der Abstand der Rippen von der Schienenmitte = $0{,}5\,b + 5^{mm}$ angenommen.

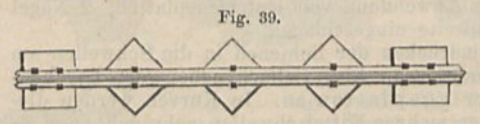
Nicht nur beim Querschwellen- sondern auch beim Langschwellenbau sind Unterlagsplatten an den Stössen zur Anwendung gekommen.

Zur Befestigung der Schienenstühle auf den Schwellen werden zuweilen Holzdübel angewandt, jedoch sind dieselben in neuerer Zeit durch Nägel von Eisen oder Stahl ersetzt worden.

4. Unterlagen aus Stein, Beton, Holz, Eisen etc.

Von den durch die techn. Vereinb. als statthaft erklärten Schienenunterlagen: Holz, Stein und Eisen, sind die Steinunterlagen häufiger unter den Stuhlschienen als unter den breitbasigen Schienen verwendet worden. In Folge der Verbesserungen an den Stossverbindungen sind in neuerer Zeit Steinunterlagen, wegen der grossen Dauer derselben, in ausgedehntem Maasse gelegt worden; so z. B. auf den Bahnen in Bayern, Württemberg, Baden etc. Steinerne Querschwellen, auch solche aus Zementkonkret, haben sich weniger bewährt und stehen den Einzelunterlagen — Würfeln — nach. Zu letzteren eignet sich nur hartes, luft- und frostbeständiges Material. Die Neigung der Schiene bei diesen Unterlagen wird entweder durch eine geneigte Lage der Würfel selbst, oder (was jedoch nur selten stattfindet) durch Bildung einer entsprechenden Einklinkung auf der Würfelfläche herbeigeführt. Die Würfel liegen entweder normal, d. h. so, dass zwei Seiten derselben parallel zur Schienenrichtung sind, oder auch diagonal. Letztere Anordnung verdient wegen der grösseren Länge der Unterstützung der Schiene den Vorzug, ausserdem können dabei die Würfel leichter unterstopft werden und stellen sich nicht so leicht schief als bei der parallelen Lage. Zuweilen legt man auch die Würfel abwechselnd normal und diagonal (Fig. 39).

Fig. 39.



Meistens erhalten die Würfel eine quadratische Grundform von 0,5 bis $0{,}7^{m}$ Seitenlänge, bei der Höhe von 0,25 bis $0{,}40^{m}$. Sie liegen in Abständen von 0,90 bis $1{,}25^{m}$, bei schwebendem Stoss von 0,85 bis $1{,}0^{m}$ von M. zu M. Um den Druck auf den Stein gleichmässiger zu vertheilen, wird bei weicherem Material zwischen Schiene und Unterlage zuweilen ein elastisches Mittel, bestehend aus getheertem Filz, Asphaltfilz oder auch imprägnirtem Holz, gelegt, welches zugleich den Zweck erfüllt, das Geräusch und die Härte beim Befahren zu mildern.

Steinwürfel empfehlen sich nur in Einschnitten und bei konsolidirten Dämmen. In Kurven von kleinem Radius (etwa unter 800^{m}) sind Querverbindungen anzuordnen; dieselben bestehen entweder in eisernen Stangen oder (was jedoch weniger zu empfehlen ist) in hölzernen Querschwellen, die an den Stössen liegen. Zur Befestigung der Stühle oder des Schienenfusses auf den Steinwürfeln dienen meist 2 Dübel aus hartem Holz, die in Löcher von $30-40^{mm}$ Weite eingesetzt werden, nachdem sie vorher mit Theeröl getränkt sind. Die Dübellöcher werden vor dem Einsetzen der Dübel zur Hälfte mit heissem Theer und nach dem Einsetzen mit Theer oder Asphalt völlig gefüllt. Zur Aufnahme der Haken- oder Stuhlnägel erhalten die Dübel vorgebohrte Löcher. In einzelnen Fällen erfolgt die Befestigung auch wohl durch Schraubenbolzen, die an der Unterseite des

Würfels durch einen Steg verbunden werden; die Stärke der Bolzen ist dabei 18—22mm (= der Lochweite). Nach den techn. Vereinb. I. A. § 30 sind Steinunterlagen bei neuen Bahnen nur da zu gestatten, wo das Bettungsmaterial den gewachsenen Boden erreicht. Durch die §§ 31 und 32 ist bestimmt, dass auf Dämmen Steinunterlagen nur dann verwendet werden dürfen, wenn letztere fest gelagert sind, und dass in Kurven von geringerem Halbmesser als 800m die Schienen dabei an den Stössen und in der Mitte so mit einander verbunden werden, dass eine Veränderung der Spurweite vollständig verhindert wird. In flacheren Kurven und in geraden Linien kann diese Verbindung fortbleiben, wenn die Steinwürfel ein genügendes Gewicht haben, die Schienenneigung erhalten wird und die Würfel an ihrer äusseren Seite mit Bettungsmaterial fest hinterstopft werden.

Die Kosten der Steinwürfel betragen z. B. bei den bayer. Bahnen 2 M., das Verlegen stellt sich auf 0,45 M. pro Stück; die Unterhaltungskosten sind durch mehre Jahre nach dem Verlegen sehr gering. —

Als besondere Unterlagsarten sind auch Langschwellen auf Steinwürfeln, ferner Querschwellen auf Würfeln, und Langschwellen auf Würfeln mit zwischenliegenden Querschwellen angewendet; diese Einrichtungen sind jedoch als zweckmässig nicht zu empfehlen.

Würfel aus Zement-Konkret haben sich zwar vielfach als ausreichend dauerhaft erwiesen, sind jedoch im allgemeinen zu kostspielig.

Unterlagen von Holz, und zwar vorwiegend Querschwellen, sind am meisten verbreitet. Der Schwellenquerschnitt ist entweder rechteckig oder trapezförmig, oder auch halbrund. Vorzüge besitzen die Querschwellen darin, dass dieselben eine grosse Auflagerfläche in der Bettung haben, dass sie den atmosphärischen Niederschlägen den leichten Abfluss unter dem Schienenfuss gestatten, dass Spurbreite und Neigung der Schienen ziemlich sicher erhalten werden können, dass Richtung und Lage der Schienen beim Nachstopfen der Schwellen sich nicht leicht ändern, endlich dass die Befahrung wenig geräuschvoll und hart ist. Hölzerne Querschwellen erfordern eine höhere Tragfähigkeit und ein grösseres Gewicht der Schienen und verursachen auch beim Uebergang der Fahrzeuge über die Stösse grössere Erschütterungen, als bei der Anwendung von Langschwellen sich ergeben. — Eichenholz ist am geeignetsten zu Schwellen, demnächst folgen Kiefern-, Lärchen-, Tannen-, Fichten- und Buchenholz etc. In den nördlichen Gegenden werden vorwiegend Schwellen aus Nadelholz verwendet, in Mittel- und Süddeutschland, Frankreich und Belgien haben die Eichenschwellen seither die grössere Verbreitung gehabt. Die Eichenholz-Schwellen besitzen eine Dauer von 14—16 Jahren, harzreiche Lärchenschwellen halten 9—10 Jahre, Kiefernschwellen 7 bis 8 Jahre, Tannen- und Fichtenschwellen 4—5 Jahre, Buchenschwellen nur 2½ Jahre aus. Hierbei ist vorausgesetzt, dass die Schwellen im natürlichen Zustande, d. h. ohne Imprägnirung, verwendet werden. —

Das System der Querschwellen ist dem der Langschwellen unbedingt vorzuziehen. Nach § 28 der techn. Vereinb. ist bei Anwendung von Querschwellen-Oberbau der Stoss-Schwelle eine grössere Grundfläche zu geben als der Mittel-Schwelle. Nach § 29 sollen beim Langschwellenbau die Schwellenstücke mindestens an den Stössen derart unter einander verbunden werden, dass der gegenseitige Abstand unverändert erhalten bleibt. Die erforderliche grössere Breite der Stoss-Schwellen für breitbasige Schienen begründet sich durch das zu tiefe Eindrücken der Schienenenden bei zu schmalem Auflager, durch die grössere Zahl der Nägel, welche man zum Be-

festigen der Schienen hier anwenden muss, endlich durch die Heftigkeit der Radstösse, durch welche eine tiefere Eindrückung der Schwellen in die Bettung bewirkt wird. Mittlere Breitenmaasse sind für Stossschwellen $0,34^m$, für Mittelschwellen $0,25^m$, bei einer Dicke von $0,16^m$ und einer Länge von $2,5^m$; letzteres Maass wird gewöhnlich zu $\frac{5}{3}$ der Gleisweite angenommen. — Zur Aufnahme der Schienen werden die Schwellen mit einer 1 : 16 bis 1 : 20 nach innen geneigten Einklinkung versehen.

Langschwellen werden selten noch allein, wohl aber in Verbindung mit Querschwellen verwendet; im letzteren Falle ist ihre Anwendung auf besondere Bedingungen zurückzuführen. Werden die Langschwellen ohne Querschwellen gelegt, so sind in Entfernungen von 2 bis 3^m Zugstangen (Kuppelstangen) anzubringen. Die Verbindung der Querschwellen mit Langschwellen wird entweder durch Dübel von 25 — 35^{mm} Stärke, oder Holzschrauben von 15 — 20^{mm} Dicke, oder Schraubenbolzen von ca. 20^{mm} Dicke, oder Holzkeile, endlich auch durch guss- oder schmiedeiserne Winkel bewirkt. —

Zur Vermeidung der mangelhaften und wenig zuverlässigen Befestigung der Schienen auf den hölzernen Unterlagen, des öfteren Auswechselns wegen, sowie endlich um die immer schwieriger und kostspieliger werdende Beschaffung der Holzschwellen zu umgehen, hat man eiserne Unterlagen zur Anwendung gebracht. Diese zerfallen, wie die oben bereits besprochenen, in Einzelunterlagen, Querschwellen und Langschwellen.

Gusseisernes Plattenlager. Der Schienenstuhl ist angegossen, die Stossplatten sind $0,40^m$ lang und breit, die Zwischenplatten $0,40^m$ breit und $0,30^m$ lang; beide sind mit $0,75^m$ hohen, sich kreuzenden Rippen versehen.

Barlow's Plattenlager sind 1,0 bis $1,30^m$ lang und nehmen 3 Stühle auf; die gegenüberliegenden Platten sind durch schmiedeiserne Stangen mit einander verbunden.

Die Barlow'schen Zellenplatten sind kreisförmige, durchbrochene Platten mit zellenförmig angeordneten Rippen; sie werden durch angeschraubte Winkeleisen unter einander verbunden.

Greave's Schalen-, Glocken-, Hauben- oder Kalottenlager (Fig. 40, 41). Sie liegen eingebettet und es ist auch die Höhlung

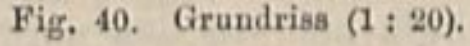
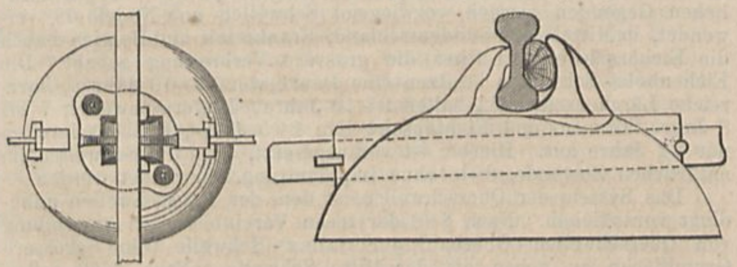


Fig. 40. Grundriss (1 : 20). Fig. 41. Querschnitt (1 : 10).



derselben mit Schotter gefüllt. Je 2 gegenüberliegende Schalen werden abwechselnd durch ein hochkantig gelegtes Flacheisen verbunden; Durchmesser der Grundfläche $0,55^m$, Höhe der Schale $0,19^m$, Dicke der Wandung 13^{mm}; das Gewicht eines Zwischenlagers ist 36^k.

Griffin's Schalenlager (Fig. 42, 43) sind rechteckig oder elliptisch im Grundriss; die Schiene wird durch einen, auf der inneren

Fig. 42. Grundriss (1:20).

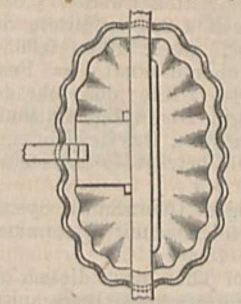
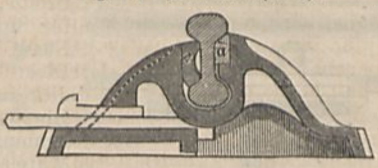


Fig. 43. Querschnitt (1:10).



Seite eingetriebenen Keil *a* gehalten. Die Länge der Lager ist 0,71 bis 0,76m, die Breite 0,40 bis 0,46m, die Höhe 0,18 bis 0,20m. —

Eiserne Querschwellen werden aus Schmiedeisen hergestellt. Der eiserne Querschwellen-Oberbau gehört der neueren Zeit an und ist zuerst in Belgien und Frankreich in folgenden Profilen angewendet:

Liegender ⊥förmiger Querschnitt (Fig. 44, 45), auf welchem ein kurzes Holzauflager zur Aufnahme und Befestigung der

Fig. 44. Seitenansicht.

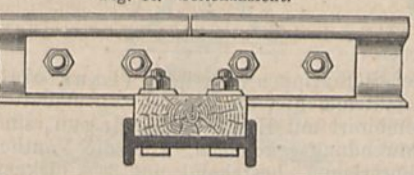
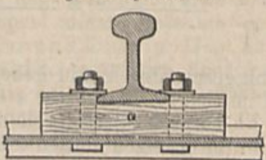


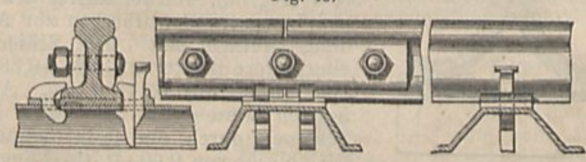
Fig. 45. Querschnitt.



Schiene liegt; letztere erfolgt durch Schrauben und Keile, auch wohl durch Blechstücke, welche an die Flansche der Schwelle angenietet sind.

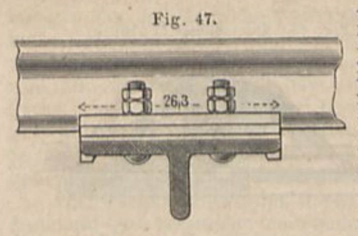
Trapezförmiger Querschnitt (Fig. 46). Von Vautherin zuerst auf den französischen, belgischen und schweizerischen Bahnen angewendet, seit 1868 auch auf den deutschen Bahnen (Saarbrücker, Hannoversche, Westfälische, Niederschlesisch-Märkische, Ostbahn

Fig. 46.



Bergisch-Märkische Bahn etc.), aber mit nicht zufriedenstellendem Erfolg versucht. Hierzu gehört auch der T förmige und der I förmige Querschnitt in stehender Lage. Die Neigung der Schiene wird entweder durch Aufwärtsbiegen der Schwellenenden oder durch Unterschieben einer keilförmigen Unterlagsplatte erzielt. Die Befestigung erfolgt unter Anwendung von Krampen und Kramphaken und eines Keils, welche Theile in Schwelle und Unterlagsplatte eingreifen; die Längsverschiebung wird durch besonders geformte Kramphaken, welche in Einklinkungen des Schienenfusses treten, verhindert. Diesen Schwellen kann man eine etwas geringere Länge als den Holzschwellen geben; 2,20m sind ausreichend. Die Abmessungen des Querschnittes sind im

Fig. 47.



Mittel: untere Breite $0,24^{m}$; obere Breite, für Mittelschwellen $0,08^{m}$, für Stosschwellen $0,13^{m}$; Breite der Füsse $0,03^{m}$; ganze Höhe $0,065^{m}$; Dicke der oberen Platte = Fussdicke = 8^{mm}; Dicke der schrägen Rippen $4,5^{mm}$; Dicke der Keile und Krampkaken 18^{mm}. Das Gewicht einer Mittelschwelle beträgt 15^{k}, das einer Stosschwelle 20^{k}.

Das Gewicht einer Schwelle mit ⊤ förmigem Querschnitt, System Steinmann (Fig. 47), ist $67,3^{k}$, das einer solchen mit ⊥ förmigem stehenden Querschnitt, System Winkler, $18,6^{k}$.

Aehnlich dem System Vautherin und zum Theil nach diesem gebildet, sind andere Systeme, welche kleinere trapezförmige Querschnitte,

Fig. 48.

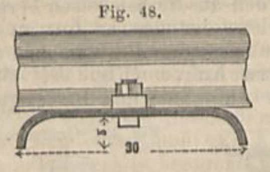
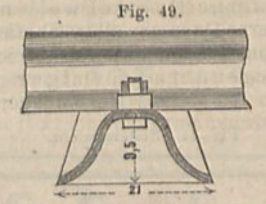


Fig. 49.



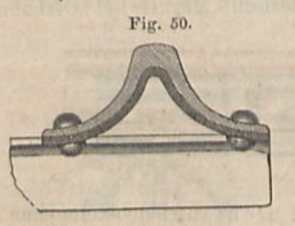
mit geschweiften und gebogenen Seitenrippen verwenden (Langlois', Crenier's, Tardieu's etc. Systeme, Fig. 48, 49). —

Eiserne Querschwellen, kombinirt mit Einzelunterlagen, sind nur in wenigen Fällen zur Anwendung gekommen, z. B. die Vautherin'sche Schwelle mit Einzelunterlagen, bestehend aus 3^{mm} dickem, $0,354^{m}$ breitem und $0,531^{m}$ langem Wellenblech. —

Eiserne Langschwellen sind vorwiegend erst auf deutschen Eisenbahnen versucht worden. Man kann unterscheiden:

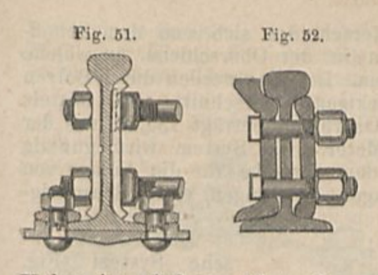
1) massive oder eintheilige Systeme,
2) Systeme mit getrenntem Kopfe oder 3theilige Systeme,
3) 2theilige Systeme mit oberem und unterem Theil.

Fig. 50.

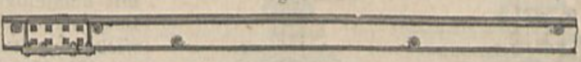


Zu den eintheiligen Systemen (1) gehört die eiserne Langschwelle von Barlow (Fig. 50), welcher zuerst den eisernen Langschwellen-Oberbau zur Anwendung gebracht hat. Die Schiene hat eine untere Breite von $0,28$—$0,33^{m}$ und eine Höhe von $0,14$—$0,15^{m}$. An den Stössen werden die $5,5$ — $6,0^{m}$ langen Schienen durch ein festgenietetes Laschenblech von $0,60$—$0,70^{m}$ Länge verbunden und die Querverbindungen, welche aus Winkeleisen bestehen, angebracht. Mängel des Systems sind, dass bei der Abnutzung sofort zu grosse Materialmengen unbrauchbar werden, dass die Bewegung der schweren Schienen beschwerlich ist und dass der in den Hohlraum der Schiene eingreifende Schotterrücken sich nicht gut erhält, wodurch die Lage der Schienen eine unsichere wird.

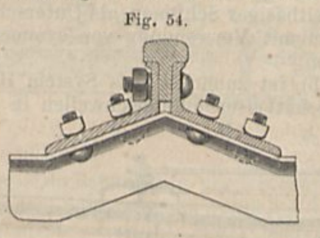
Sodann gehört zu den eintheiligen Systemen die Hartwich-Schiene, welche 1865 zuerst angewandt wurde. Die im Anfang $0,288^{m}$ grosse Schienenhöhe wurde bald auf $0,235^{m}$ (Fig. 51) reduzirt; die Fussbreite war $0,124^{m}$, die Stegdicke 10^{mm}; später ist das Profil noch weiter, und zwar bis zu $0,210^{m}$ Höhe, $0,118^{m}$ Fussbreite und


Fig. 51. Fig. 52.

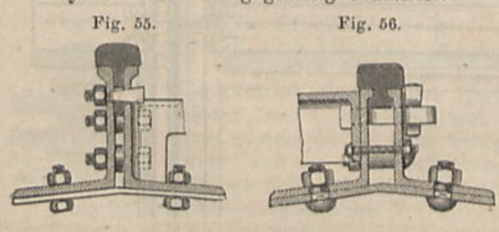
10mm Stegdicke verringert worden (Fig. 52). Die Laschen am Stoss liegen am Fuss, Kopf und Steg an und sind durch 8, später durch 12 Schrauben, unter Wegfall der früher angewandten 0,222m breiten und 0,484m langen Unterlagsplatten verbunden. Die Laschenlänge ist 0,615m. Die Querverbindungen, aus Rundeisen von 26mm Durchm. bestehend, sind in 2 verschiedenen Höhen im mittleren Abstande von 0,110m angebracht (Fig. 53). Das Gewicht der Schiene beträgt bei der Profilhöhe von 0,235m etwa

Fig. 53.


43,4k und bei der, noch später als oben angegeben, angewendeten, nur 0,157m hohen Schiene 36,1k pro lfd. Meter. Die Erfolge des Systems Hartwich werden als günstig angegeben, ohne dass jedoch eine grosse Verbreitung desselben zu konstatiren ist. —

Fig. 54.


Zu den 3theiligen Systemen (2) gehört zuerst dasjenige von Köstlin und Battig (Fig. 54). Die schräge Lage der Schenkel ist theils mit Rücksicht auf Wasserabführung, theils auf das bessere Eingreifen in das Schotterbett gewählt worden. Ober- und Unterschienen werden miteinander entweder vernietet oder auch verschraubt; die Stösse in den 3 Theilen wechseln regelmässig ab. Die sattelartig gebogenen Querverbindungen sind von ⊤ förmigem Querschnitt und decken immer zugleich einen Stoss der Unterschiene. Das Gesammtgewicht des fertigen Oberbaues beträgt zwischen 130 und 136k pro lfd. Meter, wovon auf die Oberschiene 18,7k, auf jede der Unterschienen 20,2k, eine Querverbindung 16k, eine Schraube zum Befestigen der Oberschiene 0,37k und eine desgl. für die Querverbindungen 0,18k kommen. Das System wird wenig günstig beurtheilt.

Fig. 55. Fig. 56.


Das Schefflersche System (Fig. 55), dem vorigen ähnlich, hat hohe, fast rechtwinklige Schenkel an den Unterschienen. Die Querverbindungen, welche nicht an den Stössen, sondern in Zwischenpunkten liegen, sind aus Flach- und Profileisen hergestellt. Das Gesammtgewicht der Konstruktion mit breiten Unterschienen beträgt 177k, mit schmaleren 148k, das der Oberschiene allein 18,72k pro lfd. Meter. Die Erfahrungen lauten günstig, ohne dass jedoch das System sich einer grossen Verbreitung rühmen kann.

Daelen's System (Fig. 56) unterscheidet sich von dem Scheffler'schen fast nur durch die Nuthen in der Oberschiene, in welche die Leisten der Unterschiene eingreifen. Letztere werden durch Bolzen von 19 : 35mm Stärke und rechteckigem Querschnitt und mittels Keils verbunden. Das Gewicht des Oberbaues beträgt 135,5k, das der Oberschiene allein 18,25k pro lfd. Meter. Das System wird günstig beurtheilt, doch ist zu bemerken, dass dasselbe für die Anlage von Weichen, speziell für das Unterschlagen der Zungen, einige Schwierigkeiten bietet.

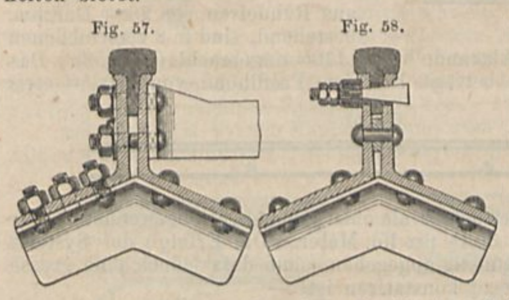


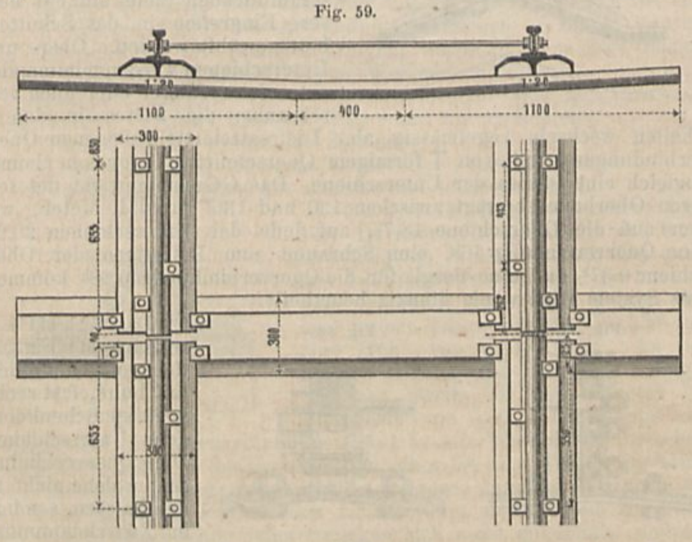
Fig. 57. Fig. 58.

Das Hannoversche System (Fig. 57, 58) ist eine Kombination des Systems von Köstlin u. Battig mit demjenigen von Scheffler. Das Gewicht ist etwa 168k pro lfd. Meter.

Es gehören endlich unter die Rubrik 2 noch das System von Paulus, mit Verwendung flachliegender alter, breitbasiger Schienen als Unterschienen, und das Jordan'sche System mit Verwendung von symmetrischen Stuhlschienen als Fahrschienen. —

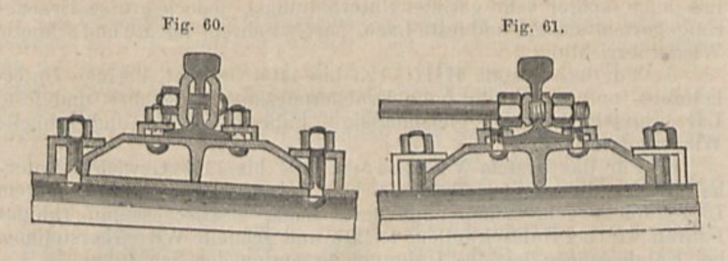
Von den 2theiligen Systemen (3) ist zunächst das System Hilf (Fig. 59—62) zu erwähnen. Dasselbe hat eiserne Langschwellen in der

Fig. 59.

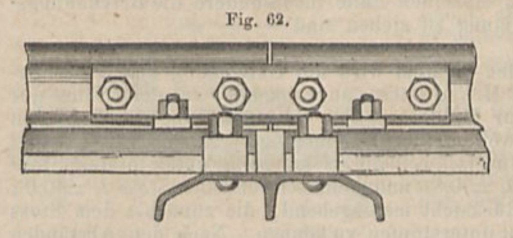


Form einer, mit 3 nach unten gekehrten Rippen versehenen Platte, auf welchen breitbasige Schienen durch Schraubenbolzen und Deckplättchen befestigt werden. Die Stösse der Oberschiene werden jetzt allgemein als ruhende angeordnet. Dieses System soll u. a. auf der im Bau befindlichen Bahn Hannover-Harburg ausschliesslich zur

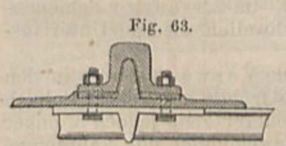
Anwendung kommen, und zwar mit einer 9,0m langen Schiene (aus Stahl oder Eisen) von nur 25,3 — 25,8k und einer Unterschiene von 29,2k Gewicht. Unter dem Stosse (s. Fig. 60, 62) liegt eine 2,6m lange

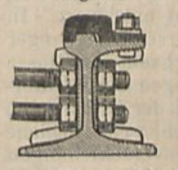

Fig. 60. Fig. 61.

Querschwelle von gleichem Profil mit der Unterschiene, 76k schwer; in halber Länge der Schiene ist eine Querverbindung (Fig. 61) aus 25,4mm starkem Rundeisen angebracht; der Stoss der Oberschiene ist mit dem der Unterschiene zusammengelegt. Die Fahrschiene wird auf der Unterschiene durch Schrauben und Deckplättchen in je 0,85m Abstand im mittleren Theil, an den Enden der Schiene aber so befestigt, wie Fig. 59 zeigt. Die Befestigung der Unterschiene auf der Querschwelle geschieht an jedem Schienenende durch 2 je 0,6k schwere Winkelbleche und Schraubenbolzen. Das lfd. Meter Gleis wiegt bei dieser Einrichtung 124,2 bezw. 125,2k. — Das System Hilf wird allgemein recht günstig beurtheilt und hat in neuerer Zeit eine grosse Verbreitung gefunden.


Fig. 62.

Mc. Donnel's System (Fig. 63), dem vorigen ähnlich, ist unter Anwendung von Brückenschienen hergestellt. Die Unterschienen sind schwach gekrümmte oder ebene Platten, welche oben neben der Oberschiene 2 schwache Leisten und in der Mitte eine in die Höhlung der Brückschiene eingreifende hohe Rippe haben. Das System hat sich wenig bewährt.


Fig. 63.


Fig. 64.

Winkler's System (Fig. 64). Die Unterschiene ist ähnlich wie bei der Hartwich'schen Schiene gebildet, die Oberschiene nur sehr schwach gehalten. Das System ist bis jetzt wenig angewandt, besonders wohl, weil die feste Verbindung der Ober- und Unterschiene Schwierigkeiten unterliegt. —

Eine schliessliche allgemeine Vergleichung der vorgeführten Systeme ergiebt Folgendes:

a) Für das System Scheffler: ein Gewicht von 115 bis 177k, grosse Unterhaltungskosten, geringe Erneuerungskosten, sichere und feste Lage, hartes Fahren, schwierige und zeitraubende Wiederherstellung des Gestänges bei Auswechselungen.

b) Für das System Köstlin & Battig: 136k Gewicht, sehr

grosse Unterhaltungs-, jedoch geringe Erneuerungskosten, nicht feste Lage, angenehme Befahrung, schwierige Reparatur.

c) Für das System Hartwich: 100 bis 102^k Gewicht, anfänglich hohe, später sehr geringe Unterhaltungs-, jedoch grosse Erneuerungskosten, sichere und feste Lage, hartes Fahren, leichte und schnelle Wiederherrichtung.

d) Für das System Hilf: 125 bis 140^k Gewicht, geringe Unterhaltungs- und nicht sehr hohe Erneuerungskosten, sichere und feste Lage, elastisches, sehr gleichmässiges Fahren, leichte und schnelle Wiederherstellung.

e) Für das System Vautherin: 104 bis 113^k Gewicht, Unterhaltungskosten wenig höher als bei Holzschwellen, nach längerem Liegen nicht sehr sichere und feste Lage, elastisches und ruhiges Fahren wie bei Holzschwellen, leichte und schnelle Wiederherstellung, bei Entgleisungen leichtes Unbrauchbarwerden der Schwellen. —

Allgemein gilt etwa, dass bei Anwendung des Holzes Querschwellen, bei Anwendung von Schmiedeisen Langschwellen, bei Stein und Gusseisen Einzelunterlagen den Vorzug verdienen, wobei jedoch in jedem einzelnen Falle insbesondere die Beschaffungskosten in Berücksichtigung zu ziehen sind —

Beim Querschwellen-System wird die Entfernung der Zwischenschwellen von M. zu M. zu 0,95^m angenommen, in der Nähe des Stosses ist dieselbe zur Minderung der Beanspruchung der Schienen in den äusseren Schwellenfeldern kleiner zu wählen. Bezeichnet l die Entfernung der Mittelschwellen, so ist beim unterstützten Stoss der Schwellenabstand $l_1 = 0{,}8l$ und beim schwebenden Stoss $l_2 = 0{,}6l$. Für l_2 ist meist die Rücksicht maassgebend, die zunächst dem Stoss liegenden Schwellen gut unterstopfen zu können. Nach den Abständen ergeben sich: bei unterstütztem Stosse $0{,}8l + 5l + 0{,}8l$ und bei schwebendem Stoss $0{,}3l + 6l + 0{,}3l$ als Schienenlänge.

Bezüglich der Wahl zwischen schwebendem und unterstütztem Stoss ist anzuführen, dass bei einer kräftigen Laschenkonstruktion die Anwendung des schwebenden Stosses zu empfehlen ist. Bei Kurven von kleinen Radien empfiehlt es sich, im äusseren Schienenstrange auf die dem Stoss benachbarten Schwellen eiserne Unterlagsplatten zu legen. —

Man legt die Schienenstösse mit oder ohne Verwechslung in den beiden Strängen. Die Verwechslung wurde früher besonders vielfach in Kurven zur Anwendung gebracht, in neuerer Zeit jedoch weniger oft, weil (als Wirkung der sog. störenden Bewegungen der Fahrzeuge) dabei die Verschiebungen an den Stössen grösser ausfallen und weil die Verwechslung auch die Unterhaltung des Gleises erschwert. In Kurven von kleineren Radien ist unter Verwendung verschieden langer Schienen im äusseren und inneren Strang das Verwechseln der Stösse zum Theil geboten und es empfiehlt sich dann das Legen einer Unterlagsplatte im äusseren Schienenstrange entweder auf jeder 3. Schwelle, oder auch nur auf einer der mittleren Schwellen, die eine Schiene unterstützen. Ferner empfiehlt es sich, gegen Längsverschiebungen in Kurven sowohl, als auch in starken Steigungen den Schienenfuss mit Einklinkungen zur Aufnahme der Schienennägel zu versehen. — Der § 19 der techn. Vereinb. schreibt vor, dass die Stossverbindungen der beiden Schienen eines Gleises in gerader Linie einander gegenüber liegen sollen; derselbe lässt aber für Kurven das Legen der Schienen mit verwechseltem Stosse zu. —

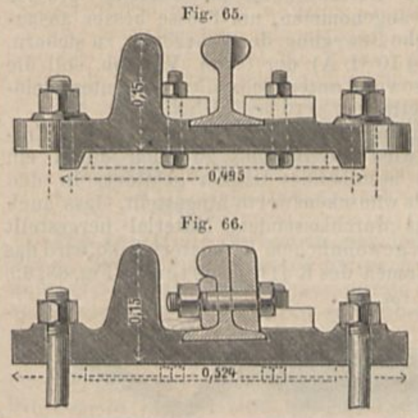
Was den Zusammenstoss der Schienen betrifft, so hat man das

frühere Verfahren, den Stoss durch Ueberblattung oder schiefen Schnitt der Endflächen zu bilden, wieder aufgegeben, weil dabei die Schienen an den Enden zu sehr geschwächt und dadurch schnell ruinirt wurden.

Die Befestigung der Stossverbindung muss so beschaffen sein, dass dieselbe die aus Temperaturwechseln hervorgehenden Längenänderungen der Schienen zulässt. Werden die Schienen bei niedriger Temperatur gelegt, so muss ein Spielraum von mindestens 6^{mm} (1^{mm} etwa pro Meter Schienenlänge) gegeben werden; bei hoher Temperatur genügen 3^{mm}. Zur genauen Einhaltung des Spielraumes bedient man sich der sog. Temperaturbleche. Um den Spielraum jedem der gewöhnlichen Witterungszustände nahezu entsprechend bestimmen zu können, werden Abstufungen gebildet, die etwa von 2 zu 2^{mm} fortschreiten. Die Lochungen an den Schienenenden sind länglich herzustellen, damit die Verschiebungen innerhalb der Laschen möglichst ungezwungen vor sich gehen. (Vergl. die bezügl. Angaben auf S. 222).

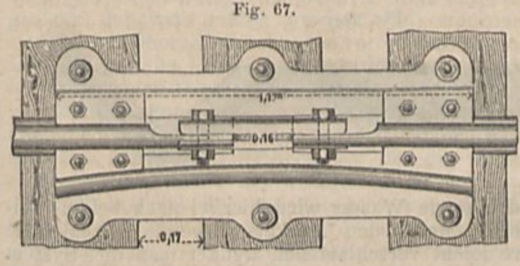
Fig. 65.

Fig. 66.



Bei den Gleisen auf grossen eisernen Brücken sind noch diejenigen Längenverschiebungen des Gestänges zu berücksichtigen, die sich als Folge der Längenänderungen der Brückenträger ergeben; für diesen Zweck dienen die sog. Dilatationsplatten (Fig. 65—67). Bei kleineren Brücken und selbst solchen bis zu mittlerer Grösse hinauf, sind dieselben entbehrlich.

Fig. 67.



4. Die Bettung des Oberbaues, Gleiserweiterung, Schienenüberhöhung, Uebergangskurven etc.

Die Bettung hat im allgemeinen den Zweck, die vom Oberbau aufgenommene Belastung auf eine grössere Fläche des Untergrundes zu übertragen; dieselbe soll ferner das Einsinken der Tagewasser in den Untergrund verhindern, um letzteren theils gegen Erweichen, theils gegen Auffrieren zu schützen; endlich soll die Bettung eine rasche Abführung der Tagewasser aus der Umgebung der Gleisunterlagen bewirken, damit diese sowohl gegen Verschiebungen durch die Nässe gesichert, als auch die nachtheiligen Wirkungen der Feuchtigkeit von ihnen thunlichst abgehalten werden. Hiernach muss das Bettungsmaterial möglichst fest, frostbeständig, durch Wasser nicht erweichbar, in seiner Lagerung aber wasserdurchlässig sein; es muss ferner der Belastung und den Erschütterungen einen möglichst grossen Wider-

stand entgegensetzen und endlich auch noch von solcher Beschaffenheit sein, dass Mängel in der richtigen Gleislage etc. auf leichte Weise — durch Stopfen — beseitigt werden können. Nach diesen Anforderungen eignen sich zu Bettungsmaterial: reiner grober Kies (Fluss- und Grubenkies), Gerölle (Schotter), grober Sand, Steinschlag (künstlicher Schotter, zerschlagene Ziegelsteine), Hochofenschlacke etc.

Als Unterlage für den oberen Theil der Bettung (das Stopfmaterial) wird häufig eine Packlage aus Bruchsteinen 0,13—0,18m stark gelegt, die besonders für die rasche Wasserabführung günstig wirkt. In Felseinschnitten wird die Bettungshöhe meist etwas grösser als bei gewöhnlicher Bodenart angenommen, um Stösse besser auszugleichen und eine mehr elastische Bewegung der Fahrzeuge zu sichern.

Nach der Vorschrift des § 10 (I. A) der techn. Vereinb. soll die Stärke des Bettungsmaterials sowohl unter Schwellen als unter Steinunterlagen wenigstens 0,20m betragen.

Die Sohle, auf der die Bettung ruht, muss eine vollständige Entwässerung erhalten. Seitlich wird die Bettung zuweilen durch ein aus gewöhnlichem Erdmaterial bestehendes Banket gebildet. In den techn. Vereinb. ist es jedoch als wünschenswerth hingestellt, dass auch diese Aussenbankets ganz aus durchlassendem Material hergestellt werden. Bestehen dieselben aus gewöhnlichem Erdmaterial, so wird das System der Bettung mit dem Namen des Koffersystems (Fig. 68, 69)

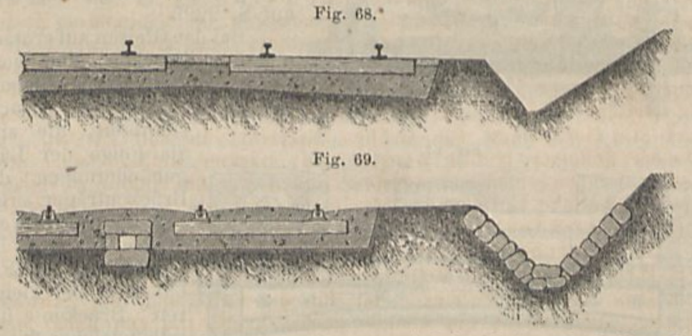
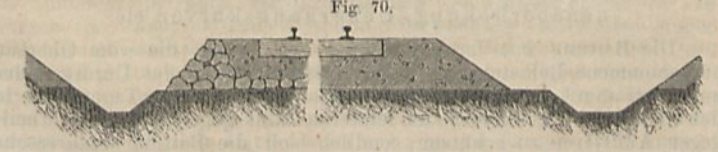


Fig. 68.*

Fig. 69.

bezeichnet. Das eindringende Wasser wird hierbei nach beiden Seiten hin durch einzelne, unter den Bankets liegende Seitenkanäle abgeführt. Da letztere leicht verschlammen, wendet man dies System gegenwärtig nur noch selten an, wogegen das System mit Bankets aus durchlässigem Material (Fig. 70), welches zuerst von Stephenson in

Fig. 70.

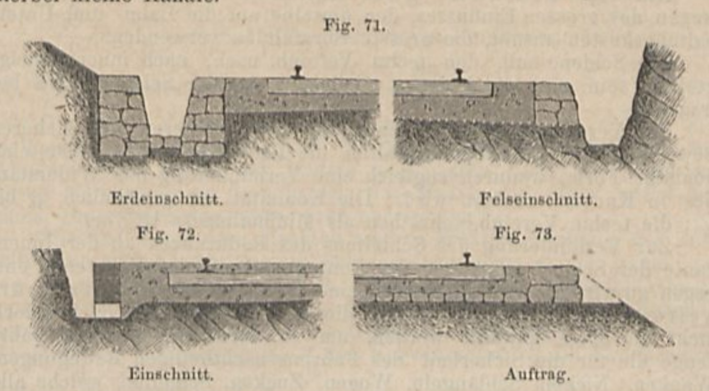


Tiefer Einschnitt. Flacher Einschnitt.

England eingeführt wurde und das eine vollkommene Entwässerung sichert, nach und nach fast zu allgemeiner Anwendung gekommen ist. Bei dem System mit gemauerten Bankets (Fig. 71, 72, 73) ist in Einschnitten das Fundament der Mauern in Mörtel herzustellen, um Wasser-Ansammlungen unter der Bettung zu verhindern. In Felseinschnitten gestattet dieses System, durch Stehenlassen des Mauer-

profils eine Verminderung der zu fördernden Massen und dadurch eine Ersparniss an Baukosten. Zur Wasserabführung dienen auch hierbei kleine Kanäle.

Fig. 71.



Erdeinschnitt. Felseinschnitt.

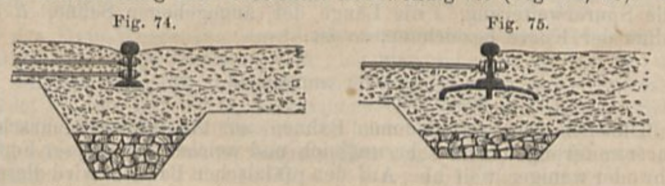
Fig. 72. Fig. 73.

Einschnitt. Auftrag.

Die seitliche Neigung der Bettungssohle beträgt gewöhnlich 30‰. In stark gekrümmten Strecken wird diese Neigung nur einseitig über die volle Planumsbreite geführt; ausserdem stellt man auch wohl kleine grabenartige Vertiefungen in bestimmten Entfernungen winkelrecht zur Bahnaxe her, oder man zieht in der Mitte des Planums Längsgräben, aus denen das Wasser durch Querkanäle oder Gräben nach der Seite hin abgeführt wird. Ebenfalls kommt bei nassem Terrain Drainirung zur Anwendung oder anstatt dieser auch die Herstellung von Gräben (Rigolen), die mit Steinen oder grobem Schotter gefüllt werden. In starken Gefällen sind stets Längs-, mit Querentwässerungen verbunden, zur Anwendung zu bringen. Die gewöhnliche Entfernung der Rigolen ist gleich einer Schienenlänge, wogegen Drainröhren nur 2m entfernt gelegt werden dürfen. —

Bei Verlegung der Schwellen wird die nach oben liegende Fläche derselben entweder mit Bettungsmaterial überschüttet oder auch frei gelassen. Ersteres Verfahren ist für die Erhaltung der Schwellen günstig, auch findet ein weniger geräuschvolles Fahren dabei statt; als Nachtheil ist dagegen die Erschwerung der Kontrole über die bedeckten Theile anzuführen. Je nach der Beschaffenheit des Bettungsmaterials, ob gut durchlässig oder weniger gut durchlässig, legt man die Oberfläche der Bettung eben oder mit Wölbung an. — Beim Oberbau mit Langschwellen wird vielfach ein besonderes Bettungsprisma, welches der Schwelle folgt, angewendet; am häufigsten kommt dasselbe beim eisernen Langschwellen-Oberbau vor, da eine gute Entwässerung hier besonders nothwendig ist (Fig. 74, 75). Zur

Fig. 74. Fig. 75.



guten Erhaltung des Oberbaues trägt diese Herstellungsart nicht bei, da für eine wirksame Entwässerung desselben das Längenprisma eher nachtheilig als vortheilhaft ist. — Bei Anwendung von Einzel-

unterlagen empfiehlt es sich, die Bettung in derselben Weise wie beim Querschwellensystem herzustellen.

Auf eine besonders gute Entwässerung des Oberbaues ist wegen des grossen Einflusses, den dieselbe auf die Bahn- und Unterhaltungskosten ausübt, die grösste Sorgfalt zu verwenden. —

Die Schiene soll, den techn. Vereinb. nach, nach innen geneigt gestellt sein und die Neigung mindestens $\frac{1}{20}$ der Schienenhöhe betragen. —

Zur Verringerung der Reibung und zur leichteren und sicheren Bewegung der Fahrzeuge erhalten die Laufflächen der Räder eine konische Form, wodurch zugleich eine Verminderung des Widerstandes in Kurven erreicht wird. Die Konizität ist gewöhnlich $\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{20}$; die techn. Vereinb. schreiben als Minimalmaass $\frac{1}{20}$ vor.

Zur Verhinderung des Schleifens des Radkranzes an der Innenkante der Schiene und um der Zentrifugalkraft der Fahrzeuge entgegen zu wirken, wird in Kurven eine Vergrösserung der Spurweite ausgeführt. Das Maass dieser Vergrösserung darf jedoch nicht zu gross gewählt werden, um zu verhüten, dass die Fahrzeuge die für die Sicherheit des Fahrens nachtheiligen Bewegungen: Wanken, Nicken, Schlängeln, Wogen, Zucken, Schleifen, welche alle auf Drehbewegungen um eine der 3 vorkommenden Axen zurückzuführen sind, annehmen. Auf die Grösse des Spielraumes ist auch der Radstand der Wagen von Einfluss und es enthalten die techn. Vereinb. unter I. B. § 135 hierüber Folgendes: „Für Bahnen, welche in freier Bahn vielfach Kurven haben, ist zu empfehlen, den festen Radstand der Achsen der Wagen nicht grösser zu nehmen als: für 250^{m} Radius 4,0^{m}, für 300^{m} R. 4,4^{m}, für 400^{m} R. 5,2^{m}, für 500^{m} R. 6,0^{m}, für 600^{m} R. 6,8^{m} und über 600^{m} R. 7,0^{m}. Bei Wagen mit mehr als 2 Achsen und ohne Drehgestell muss, wenn der Radstand über 4^{m} beträgt, für die Mittelachsen eine entsprechende Verschiebbarkeit angeordnet werden“.

Der mit der Abnutzung variirende lichte Abstand der Radkränze und der Spielraum für letztere sind von grosser Einwirkung auf die Erhaltung der richtigen Spurweite des Gleises. Die techn. Vereinb. schreiben unter I. B § 161 und 165 bei Ausweichungen und Kreuzungen vor, dass der lichte Abstand zwischen den beiden Rädern einer Achse im normalen Zustande 1,360^{m} betragen soll, von welchem Maasse die Abweichung von 3^{mm} nach oben sowohl als unten hin gestattet ist, und dass der Spielraum der Räder nicht unter 10^{mm} und nicht über 25^{mm} betragen darf.

Für solche 3achsige Fahrzeuge, deren Mittelachse eine Verschiebbarkeit nicht besitzt, hat die Spurerweiterung die grösste Bedeutung. Für diese Fahrzeuge müsste dieselbe gleich der Pfeilhöhe des Bogens sein, dem als Sehne der Abstand derjenigen beiden Punkte der äusseren Räder angehört, mit welchen dieselben die Schiene berühren. Wenn e die Spurerweiterung, s die Länge der angegebenen Sehne, R den Radius der Kurve bezeichnen, so ist:

$$e = \frac{s^2}{4(2R-e)} \text{ oder annähernd } e = \frac{s^2}{8R}$$

Die bei den verschiedenen Bahnen zur Ausführung gebrachten Spurerweiterungen sind sehr ungleich und weichen von dieser Formel mehr oder weniger weit ab. Auf den pfälzischen Bahnen wird dieselbe bei 600^{m} Radius nach der Formel $e = \frac{600}{R}$ bestimmt. Auf der öster-

reichischen Südbahn ist $e = \frac{140}{R}$, auf den bayerischen Staatsbahnen $e = \frac{389}{R}$ bis $\frac{640}{R}$ gebräuchlich. Die französ. Nordbahn nimmt $e = \frac{200}{R}$ bis $\frac{400}{R}$, die Orleans-Bahn $e = \frac{350}{R}$ bis $\frac{500}{R}$ u. s. w.

Die techn. Vereinb. bestimmen unter I. A. § 5: „In Kurven mit Halbmessern unter 1000^m soll die Spurweite im Verhältniss zur Abnahme der Länge der Radien angemessen vergrössert werden. Diese Vergrösserung darf jedoch das Maass von 30^{mm} selbst bei einem Halbmesser von 180^m nicht übersteigen.“

Zur Aufhebung der direkten und indirekten Wirkung der Zentrifugalkraft wird der äussere Schienenstrang um so viel höher gelegt, dass die Mittelkraft, welche aus jener Kraft und dem Wagengewichte resultirt, auf der Achse der Wagen senkrecht steht. Bezeichnen: h die Ueberhöhung, v die Geschwindigkeit des Zuges, s den Abstand der Schienenmittel, R den Kurvenradius, g die Erdakzeleration, so ist allgemein: $h = \frac{s v^2}{g R}$, oder wenn $s = 1{,}50^m$, $g = 9{,}81^m$ genommen wird,

$$h = 15{,}3 \frac{v^2}{R} \text{ in Zentimetern.}$$

Bei Annahme des Werthes von v ist zu beachten, dass bei Einführung einer mittleren Geschwindigkeit in die obige Formel, bei Schnell- und Kourierzügen die äusseren Schienen, bei Güterzügen hingegen die inneren Schienen von den Spurkränzen stark angegriffen werden. Da man jedoch in neuerer Zeit vielfach die Erfahrung gemacht hat, dass eine grosse Ueberhöhung im allgemeinen vortheilhaft ist, so dürfte sich empfehlen, allgemein die Geschwindigkeit der Schnellzüge zu Grunde zu legen. Zu beachten ist indess auch die örtliche Lage etc. der Kurven; für Kurven in der freien Bahn wird man allgemein die Ueberhöhung grösser anzunehmen haben als für solche, die unmittelbar vor Stationen oder Bahnhöfen liegen. Bei Weichenkurven fällt die Ueberhöhung ganz fort, ebenso bei Kurven mit Radien über 2000^m.

Wenn man in die vorerwähnte Formel eine bestimmte numerische Geschwindigkeit einführt, so erhält man die einfachere allgemeine Form $h = \frac{a}{R}$ worin a für die verschiedenen Bahnen verschieden ist. Auf der Orleans-Zentralbahn z. B. ist $h = \frac{45}{R}$ vorgeschrieben. Die Paris - Mittelmeer - Bahn bestimmt die Ueberhöhung aus $h = \frac{70}{R}$; bei der Main-Weserbahn wurde die zweckmässigste Ueberhöhung auf praktischem Wege bestimmt und ging man dabei so zu Werke, dass die anfänglich gering angenommene Ueberhöhung so lange vergrössert wurde, bis die mit Kreide bestrichene Innenseite der äusseren Schienen kein Anlaufen der Spurkränze beim Durchfahren mit der Maximalgeschwindigkeit mehr zeigte. Hiernach wurde die Formel aufgestellt:

$$h = (14{,}4 - 0{,}0083\,R) \text{ Zentimeter}$$

und es fand sich, dass bei Kurven von über 1730^m Radius $h = 0$ gesetzt werden konnte.

Von der geraden Strecke aus, in welcher die Schienen sowohl den normalen Abstand haben, als auch in genau gleicher Höhe liegen, muss die Spurerweiterung und Ueberhöhung, die in den Kurven nothwendig ist, allmälig erfolgen; es empfiehlt sich, die Ueberhöhung auf beide Schienen gleichmässig zu vertheilen, die Spur-Erweiterung aber nur durch die entsprechende Verlegung der inneren Schiene zu bewirken. Je grösser die Länge der Uebergangsstrecke ist, um so weniger wird beim Fahren der Uebergang bemerkbar sein. Die Länge l der Uebergangsstrecke kann man für die Ueberhöhung $h = 1000h$, wie auch die Spurerweiterung $e = 1000e$ annehmen.

Der Uebergang aus dem geraden in das gekrümmte Gleis wird durch eine Uebergangskurve vermittelt, deren Krümmung vom Anfang aus sehr allmälig zunimmt, damit heftige Stösse der Fahrzeuge vermieden werden. Sind x und y bezw. die Abszissen und Ordinaten der Uebergangskurve, l die Länge derselben, und R der Radius der Hauptkurve, so ist allgemein:

$$y = \frac{x^3}{Rl}, \text{ wofür häufig } y = \frac{x^3}{6 \cdot 12000} \text{ gesetzt wird.}$$

Erstere Gleichung ist theoretisch abzuleiten; beide stellen die Gleichung einer sog. kubischen Parabel dar. —

Zwischen 2 Kontrekurven legt man eine Gerade ein, welche mindestens doppelt so lang sein muss, als die Länge der überhöhten Strecke. Die techn. Vereinb. bestimmen, dass die Länge des geraden Stücks mindestens 50m betragen soll. —

Der Uebergang aus einer horizontalen Strecke in eine Neigung, wie auch derjenige zwischen 2 Neigungen verschiedener Grösse, soll zur Vermeidung der Entlastung einzelner Achsen der Fahrzeuge und von Stössen ein in vertikaler Ebene liegender Kreisbogen sein, dessen Radius etwa zwischen 3000 bis 10000m zu wählen ist. Bezeichnen: r diesen Radius, l die Länge der hiernach gekrümmten Strecke, s' und s'' die trigonometrischen Tangenten der Neigungswinkel, y die Ueberhöhung bezw. Senkung des Gleises über der Verlängerung der betr. Strecke in der Entfernung x vom Anfang der Ausgleichungsstrecke, so ist:

$$l = r\,(s'' - s') \text{ und } y = \frac{x^2}{2r} = \frac{x^2\,(s'' - s')}{2l}$$

Auf der Linie der Orleans-Bahn hat man eine Ausgleichung der Gefälle gebildet durch Einlegung einer Anzahl ebener Zwischenstrecken, deren Neigungen sich um je 0,1‰ unterscheiden und von denen jede einzelne Strecke 100m Länge hat. Es entspricht dies einer gewöhnlichen Parabel, deren Tangenten und Abszissen durch die beiden Gleichungen

$$t = \frac{x}{P} \text{ und } y = \frac{x^2}{2P}$$

gegeben sind, worin P (Konstante) = 10000 zu setzen ist, welche Länge bei günstigen Linien auf 5000 reduzirt wurde.*) Auf der Westfälischen Bahn wurde die Konstante P für Abrundungen konvexer Art zwischen 2 Neigungen zu 2500, dagegen bei Abrundungen konkaver Art zu 5000 resp. 7500 angenommen, wobei x und y in preuss. Ruthen ausgedrückt waren. —

Zum Legen des Oberbaues wird für jede Arbeitsstelle eine Arbeitergruppe verwandt, deren Kopfzahl sich nach der Art des Legens richtet, d. h. danach, ob „vor Kopf“ gelegt werden soll (wobei

die Materialien auf der vorher gelegten Gleisstrecke herangeschafft werden), oder ob die Materialien seitwärts neben der Bahnlinie schon lagern. Gewöhnlich besteht eine Arbeitergruppe aus 1 Vorarbeiter, 5 Verlegern, 12 Zwischenschwellen-Legern, 12 Bohrern und Naglern, 14 Krampern (Unterstopfern) und 2 Arbeitern zum Anbringen der Laschen. Eine so gebildete Kolonne legt täglich 100—120^{m} fertiges Gleis, wobei das lfd. Meter sich auf 0,8—1,2 M. stellt, je nach dem längeren oder kürzeren Transport der Materialien u. s. w. — Die Ausführung der Unterhaltungs-Arbeiten des Oberbaues nach Akkordsätzen, welcher Modus auf mehren Bahnen üblich ist, kann im allgemeinen nicht empfohlen werden, da dabei eine zu strenge Ueberwachung der Reparaturarbeiten erforderlich ist. 1 lfd. Meter altes Gleis aufzunehmen und die Materialien seitwärts zu lagern, kostet rot. 0,20—0,25 M. —

Nachdem die Bettung bis nahe zur Höhe der Schwellenunterkante geschüttet ist, werden die Schwellen gelegt, sodann die Schienen gestreckt und letztere durch lose Anlegung der Laschen vorläufig unter einander verbunden. Hiernach findet die Nagelung der Schienen auf den Stosschwellen statt; sodann werden letztere auf die richtige Höhe unterstopft und festgestampft. Ist dies geschehen, so werden die Mittelschwellen in die nöthige Höhenlage gebracht, genagelt und unterstopft, wobei darauf zu achten ist, dass bei ihnen eine etwas weniger feste Unterstopfung als bei den Stosschwellen stattfindet. Nach Herstellung dieser, noch provisorischen Schienenlage wird das Gestänge nachgerichtet, sodann werden die Laschen fest angeschraubt, der Nagelung wird nachgeholfen und schliesslich die Verfüllung der Zwischenräume zwischen den Schwellen bewirkt, event. werden die Schwellen überdeckt. —

Die zum Legen des Oberbaues erforderlichen Geräthe sind: das unverstellbare (Fig. 76) und das verstellbare Spurmaass (Fig. 77), bezw. für gerade Strecken und Kurven bestimmt; das Richtscheit mit und ohne Wasserwaage und mit Ansatzstücken (Fig. 78, 79) zur Bestimmung der richtigen Ueberhöhungen; das Richtscheit ohne Ansatzstücke (für die gerade Strecke zu benutzen); die Schienenzange (Fig. 80); die Stopfhacke mit und ohne Bickel (Fig. 81); der Wuchtbaum (Fig. 82); der Laschen-Schraubenschlüssel (Fig. 83); die Schablone zur vorläufigen Kontrolirung der richtigen Neigung der Schienen (Fig. 84); der Geisfuss (Fig. 85); die Nagelzange (Fig. 86); die Schablone zum Einschneiden der Schwellen (Fig. 87); der Bohrapparat zum Bohren von Löchern in gekürzten Schienen (Fig. 88); sodann Hämmer, Bohrer u. s. w.; besonders aber noch die Schienenbiegmaschine zum Biegen der Kurvenschienen. Ein vielfach angewendeter Apparat dieser Art, nach der Konstruktion von Köhler, ist in Fig. 89 im Grundriss und Seitenansicht, in Fig. 90 in der Vorderansicht dargestellt; Fig. 91 und 92 zeigen die am Ende des Baumes angebrachte Vorkehrung, welche zur Normirung des Maasses der Durchbiegung dient, Fig. 93 die Unterstützung der zu biegenden Schiene. Einen zweiten Apparat giebt Fig. 94, während in den Fig. 95 bis 98 der der Neuzeit angehörende Schienenbiegapparat von Schrabetz dargestellt ist. Derselbe bildet eine Kniehebelpresse, deren Anwendungsart aus der Fig. 98 ersichtlich ist. *a a* (Fig. 95) sind Muttern, *b b* die beiden Keile, welche in Fig. 96 in extremster Stellung dargestellt sind. Die Presse wird durch den Hebel *d* (Fig. 96) in Thätigkeit gesetzt, dessen Daumen in die Zähne des Sperrades *c* eingreift, *g* ist ein Sperrkegel, der den

---

*) Vergl. Nördlinger: Zeitschr. für Bauw., Jahrg. 1868.

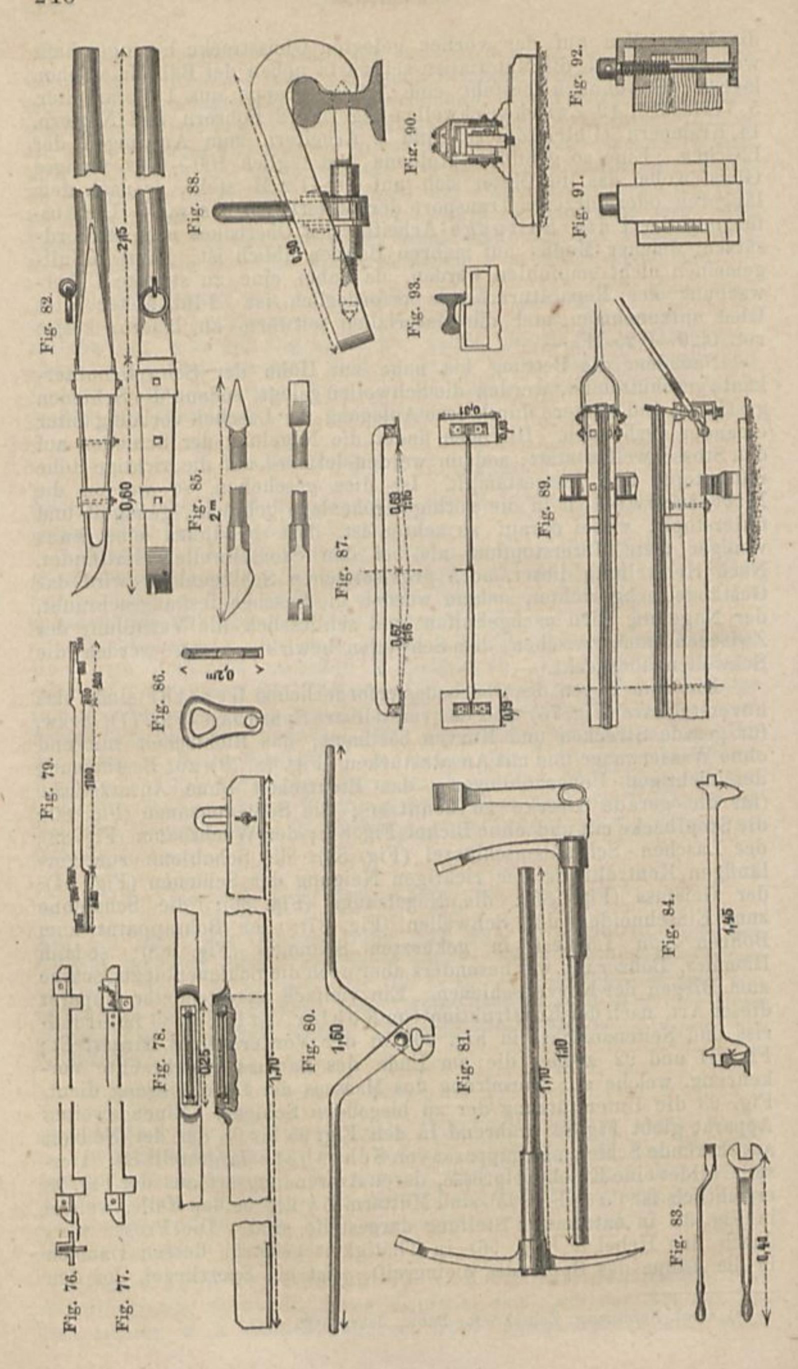


Fig. 82.
2,15
0,60
Fig. 88.
0,30
Fig. 90.
Fig. 92.
Fig. 91.
Fig. 93.
Fig. 85.
2m
Fig. 87.
Fig. 89.
Fig. 86.
0,2m
Fig. 79.
Fig. 76.
Fig. 77.
Fig. 78.
0,25
1,70
Fig. 80.
1,50
Fig. 81.
1,70
1,10
Fig. 84.
1,45
Fig. 83.
0,44

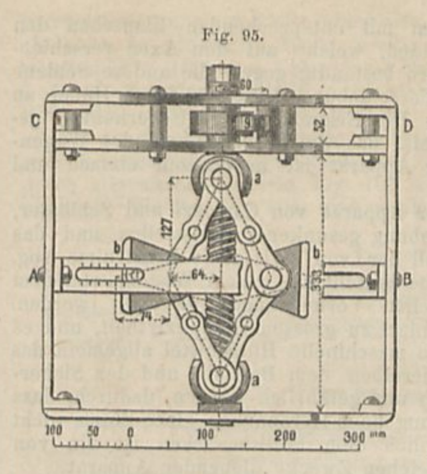
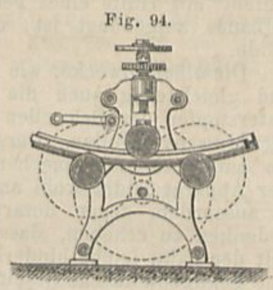


Fig. 95.

Rückgang der Schraube verhindert. (In dem Grundrisse [Fig. 95] ist der Hebel *d* der Deutlichkeit wegen nicht angegeben.) Ein Vorzug des Ap-


Fig. 94.

parates besteht in der leichten Transportfähigkeit und bequemen Aufstellung beim Vorrücken der Arbeitsstelle. Die beiden Theile desselben nebst allem Zubehör wiegen nur etwas über 100^k, während der in Fig. 94 dargestellte Apparat mit drei Walzen mehr als 1000^k Gewicht hat. Der Erfinder giebt über die Leistungsfähigkeit an, dass 4 Arbeiter in 11stündiger Schicht 100 Stück Schienen nach jedem beliebigen Radius mit dem Apparat biegen können. (Vergl. österr. Vereins-Zeitschr., Jahrg. 1873, S. 302.)

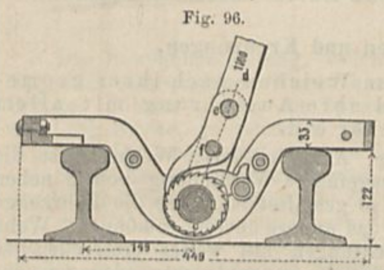
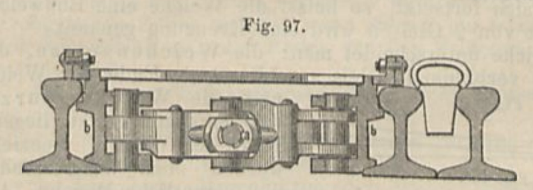
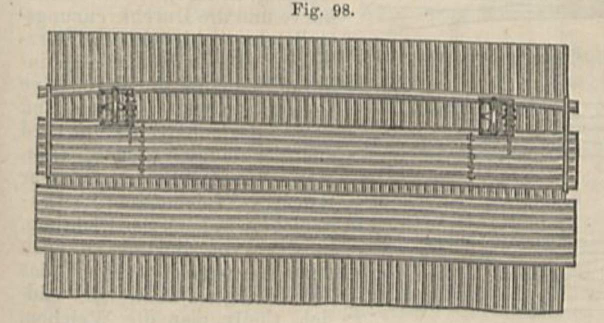


Fig. 96.


Fig. 97.


Fig. 98.

Ein von Camozzi & Schlösser in neuerer Zeit konstruirter Spur- und Ueberhöhungsmesser besteht aus einem, auf 4 kleinen Rädern ruhenden Wagen, der auf das Gleis gestellt wird. Die beiden Rä-

der der einen Seite umfassen mit entsprechenden Flanschen den Schienenkopf, die andern beiden, welche auf den Axen verschiebbar sind, werden durch Federn beständig gegen die andere Schiene angedrückt und es wird die Verschiebung derselben durch Hebel an einer Skala sichtbar gemacht. Die Erkennung der Ueberhöhung geschieht mit Hülfe eines Pendels, das am oberen Theil des Wagenaufbaues aufgehängt ist; der Apparat ist im Ganzen einfach und solide.

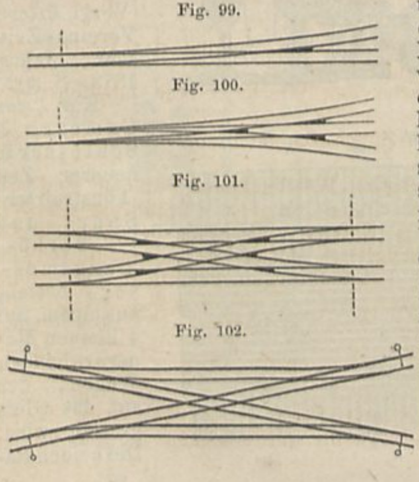
Dieselben Zwecke, wie der Apparat von Camozzi und Schlösser, und gleichzeitig auch die Hebung gesunkener Gleisstellen und das Unterstopfen der Schwellen soll der von Pollitzer konstruirte sog. Egalisator erfüllen. Derselbe besteht aus einem Wagen, von dem die entsprechenden mechanischen Vorkehrungen getragen werden. Der Apparat leidet wohl an einer zu grossen Komplizirtheit, und es ist ausserdem gegen derartige maschinelle Hülfsmittel allgemein das Bedenken zu erheben, dass dieselben dem Betriebe und der Sicherheit der Bahn leicht hinderlich und gefährlich werden, dadurch, dass eine genügend rasche Beseitigung beim Herannahen eines Zuges nicht völlig gesichert ist. — Aehnlich dem Pollitzer'schen ist ein von Kayser angegebener, dem gleichen Zwecke dienender Apparat.

4. Ausweichungen und Kreuzungen.

a. Die jetzt gebräuchlichen Weichen nach ihrer geometrischen Konstruktion, und ihre Ausführung mit allem Zubehör etc.

Eine Weiche (Ausweichung, Ausweichgleis, Wechsel) ist die unter einem spitzen Winkel ausgeführte Verbindung von 2 neben einander liegenden Gleisen, die so gestaltet ist, dass die Fahrzeuge von einem der Gleise direkt auf das andere übergehen können. Wenn sich die Gleise nach beiden Richtungen hin weiter erstrecken, so wird die Weiche eine Zwischenweiche genannt; wenn dagegen nur eins der Gleise sich fortsetzt, so heisst die Weiche eine Endweiche; der Durchschnitt von 2 Gleisen wird eine Kreuzung genannt.

Bei der Weiche unterscheidet man: die Weichenspitze, d. i. das an das zu verbindende Gleis anschliessende Ende der Weiche, und die Weichenwurzel: das entgegengesetzt liegende Ende der Weiche. Spezieller werden noch unterschieden: die eigentliche Weiche (Auslenkung, Zunge), die Weichenkurve und die Durchkreuzungsstelle der Schienen (das Herzstück). Das zwischen den inneren Schienen der durch eine Weiche zu verbindenden beiden Gleise liegende Gleisstück wird das Verbindungsgleis genannt. Man unterscheidet ferner Rechts-Weichen und Links-Weichen, je nach der Richtung, in der (von der Zunge nach dem Herzstück gesehen) das Ausweichgleis abzweigt; endlich theilt man die Weichen,


Fig. 99. Fig. 100. Fig. 101. Fig. 102.

je nachdem an einer Stelle eines Gleises 1, 2 oder 3 Ausweichgleise ablenken, in einfache Weichen (Fig. 99), 2theilige oder Doppelweichen (Fig. 100) und 3theilige Weichen ein. Wenn 2 Weichen 2 neben einander liegende oder sich kreuzende Gleise in beiden Richtungen verbinden, so entsteht eine Kreuzweiche (Fig. 101, 102). — Die an der Kreuzungsstelle selbst ausgeführte Verbindung von 2 sich kreuzenden Gleisen wird eine englische Weiche genannt, deren allgemeines Schema Fig. 103 zeigt und von der die halbe englische Weiche (Fig. 104) eine weniger weitgehende Ausbildung ist.

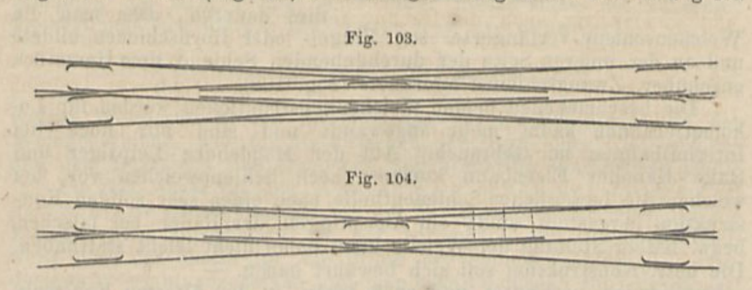


Fig. 103.

Fig. 104.

Die Bewegungsrichtung, welche ein die Weiche durchfahrender Zug oder ein einzelner Wagen hat, bezeichnet man durch die Ausdrücke: Fahren gegen die Spitze (spitze Befahrung), oder Fahren mit der Spitze, je nachdem die Bewegung gegen die Spitze der Weiche oder umgekehrt gerichtet ist. —

Selbstthätige (selbstwirkende) Weichen sind solche, bei denen durch den Druck der Räder die Zungen beim Befahren mit der Spitze sich selbstthätig öffnen und nach dem Verlassen der Fahrzeuge durch die Wirkung eines, an der Stellvorrichtung angebrachten Kontregewichts wieder in die ursprüngliche Stellung zurückkehren. Die techn. Vereinb. enthalten die hierauf bezügliche Bestimmung, dass Weichen für durchgehende Züge, welche, wenn sie auf ein falsches Gleis gestellt sind, ein Abspringen der Räder von den Schienen verursachen, unzulässig sind. —

Die an eine Weichenkonstruktion zu stellenden Grundbedingungen sind:

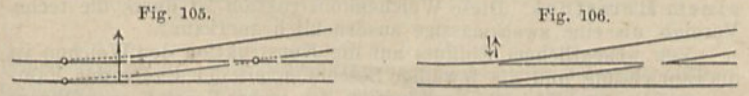
1) dass bei einer etwaigen falschen Stellung der Weiche nicht eine Entgleisung eintreten kann;

2) dass beim Durchfahren der Weiche Stösse möglichst vermieden werden;

3) dass die beweglichen Zungenschienen eine ausreichende Stabilität besitzen.

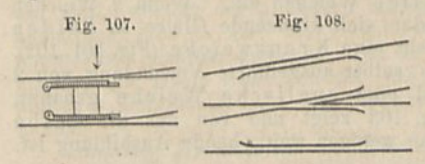
Die älteren und einfachsten Weichenkonstruktionen sind: die Schleppweiche mit Drehschiene an der Durchkreuzungsstelle (Fig. 105); hierbei fallen am Anfang und Ende der Ausweichung kurze Schienenstücke des Nebengleises aus und es werden die Schienen des Hauptgleises für beide Fahrrichtungen gebraucht. Es gehört

Fig. 105. Fig. 106.



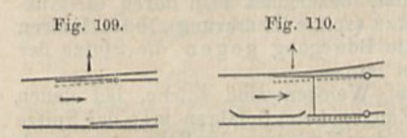
hierher ferner die Weiche mit festen Spitzen und Herzstück (Fig. 106), bei welcher Theile der Schienen an den Stellen,

wo dieselben den Radkränzen der Wagen in den Weg treten, beseitigt sind. Diese Weichenart hat man auch wohl mit beweglichen Zwangschienen konstruirt (Fig. 107), sowie mit einer solchen Anordnung an der Durchkreuzungsstelle der Schienen versehen, dass die Räder an dieser Stelle eine Unterstützung finden. Man erreichte dies dadurch, dass man die Weichenschiene verlängerte, sog. Flügel- oder Hornschienen bildete und an der inneren Seite der durchgehenden Schiene, dem Herzstück gegenüber, Zwangschienen anordnete (Fig. 108).

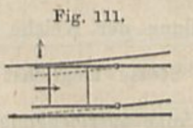

Fig. 107. Fig. 108.

Die beschriebenen beiden Weichenkonstruktionen werden für Lokomotivbahnen kaum mehr angewandt und sind nur noch bei Interimsbahnen im Gebrauch. Auf der Magdeburg-Leipziger und Halle-Kasseler Eisenbahn kommen noch Schleppweichen vor, bei welchen die beweglichen Schienentheile nach einer sehr soliden Konstruktion hergestellt sind; ein Ausspringen der Räder bei falscher, bezw. halber Stellung der Weiche kann dabei nicht leicht statthaben. Die betr. Konstruktion soll sich bewährt haben. —

Allgemein verbreitet und auch schon zu den ältesten Konstruktionen zählend, sind die Weichen mit beweglichen Spitzen, von denen die unvollkommenste Konstruktion diejenige ist, bei der die bewegliche Zunge ihren Drehpunkt an der Wurzel der Weichenschiene hat (Fig. 109). Vollkommener sind die Weichen mit 2 ungleich langen Zungen und einer festen Zwangschiene vor der kürzeren Zunge (Fig. 110). Durch die Zwangschiene wird ein angemessener Spielraum zwischen Rad und Zungenspitze gesichert, wodurch bei nicht vollständigem Anschliessen der Zunge an die Mutterschiene (Backe) die Gefahr der Entgleisung vermindert wird.


Fig. 109. Fig. 110.

Die am meisten gebräuchliche Weiche ist diejenige mit 2 langen Zungen (Fig. 111), welche, seit bei derselben unterschlagende Zungen verwendet werden, auch die relativ grösste Sicherheit für den Betrieb gewährt. Die beiden Zungen sind gewöhnlich von gleicher Länge und gewähren dann den Vortheil, dass im Bereich der eigentlichen Weiche die Spurweite durchgängig gleich ist; bei gewissen Formen bieten diese Zungen auch die Möglichkeit, Rechtsweiche und Linksweiche ohne Nachtheil mit einander verwechseln zu können. —


Fig. 111.

Bei der im Folgenden speziell zu besprechenden Weichenart handelt es sich immer um die selbstthätige Weiche mit gleich langen oder fast gleich langen, unterschlagenden Zungen und einem Herzstück. Diese Weichenkonstruktion ist durch die techn. Vereinb. als eine zweckmässige ausdrücklich anerkannt.

Von wesentlichem Einfluss auf die Konstruktion der Weichen ist die Einrichtung und die jeweilige Beschaffenheit der Räder der Fahrzeuge. Hier sind folgende Vorschriften der techn. Vereinb. anzuführen: Die Breite der Radreifen soll bei Lokomotiven und Tendern nicht

unter 130mm und nicht über 150mm, bei Wagen 130mm bis 145mm betragen; ferner: „Der Spielraum für die Spurkränze (nach der Gesammtverschiebung der Axe, an dieser gemessen) darf nicht unter 10mm, und auch bei der grössten zulässigen Abnutzung nicht über 25mm betragen. Nur bei den Mittelrädern 6 räderiger Lokomotiven ist ein Gesammtspielraum (bei übrigens gleichem lichten Abstand zwischen den Rädern) bis 40mm zulässig"; ferner: „Der lichte Abstand zwischen den Rädern (innere lichte Entfernung zwischen den beiden Radkränzen) soll in normalem Zustande 1,360m betragen. Eine Abweichung bis zu 3mm über oder unter dieses Maass ist zulässig." Es bestimmt sich hierach die Weite der Spurkranzrille zu

$$\frac{1}{2}\left[1435-(1360-3)+25\right] = \text{rot. } 52^{mm}$$

welche Weite sowohl für die zwischen der Zwangschiene und der Weichenschiene, wie für die zwischen der Horn- oder Flügelschiene und dem Herzstück sich ergebende Spurkranzrille anzunehmen ist.*)

Um das Maass für den Abstand zwischen der Zunge und der Schiene (Backe) sowohl für die Weichenspitze als auch für die Zungenwurzel zu erhalten, ist der vorstehend ermittelten Minimalweite noch das Maass für die Breite des Schienenkopfes, d. i. mindestens 57mm, hinzuzusetzen und man erhält demnach für jenes Maass:

$$52 + 57^{mm} = 109^{mm}.$$

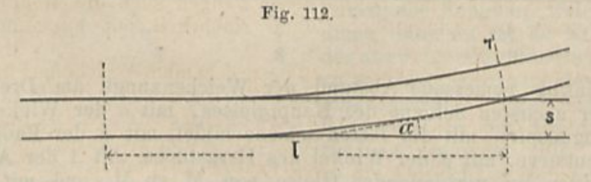
Die techn. Vereinb. bestimmen darüber: „Die Spitzen der Weichenzungen müssen mindestens 120mm weit aufschlagen". Zu bemerken ist hierzu, dass in früherer Zeit nur 100mm angenommen wurden.

Die Zungen der Weichen können entweder nach einer geraden Linie, welche die Weichenkurve tangirt, oder nach einem Kreisbogen, dessen Tangente am Drehpunkt der Zunge zugleich Tangente an der Weichenkurve ist, angeordnet werden; gewöhnlich wird die Länge der geraden Zunge zu 4,5 bis 5,0m angenommen; die ideale Länge der gekrümmten Zunge berechnet sich aus dem Radius und dem Maass für das Aufschlagen der Weichenzungen zu $0{,}49\sqrt{R}$, wofür man wegen Abstumpfung der Spitze ein etwas geringeres, abgerundetes Maass annimmt.

Die geraden Zungen sind die einfachsten und gebräuchlichsten; die gekrümmten gestatten eine merkliche Verkürzung der Ausweichung und eine allmäligere Ueberleitung der Fahrzeuge in die gekrümmte Strecke. —

Aus praktischen Gründen ist es zweckmässig, die Herzstück-Winkel für Weichen, die in solchen Gleisen liegen, welche gleichen oder annähernd gleichen Zwecken dienen, möglichst übereinstimmend anzunehmen. Ist l (Fig. 112) die Länge der Ausweichung von der

Fig. 112.



Weichenspitze bis zum Durchkreuzungspunkte der Schienen (Herzstückspitze), α der Winkel, den eine an die Weichenkurve gelegte

*) Vergl. hierzu auch die betr. Angaben auf S. 255.

Tangente mit der Schiene des Hauptgleises bildet, R der Radius der Weichenkurve und s die Spurweite, so ist annähernd:

$$l = 2Rs \text{ und } \operatorname{tang}\alpha = \frac{s}{0,5l}$$

Hiernach ist für den Minimalradius von 180m:

$$l = 22,7^m \text{ und } \operatorname{tang}\alpha = 0,127 \text{ oder rot. } 1/8$$

ferner für den Radius von 300m:

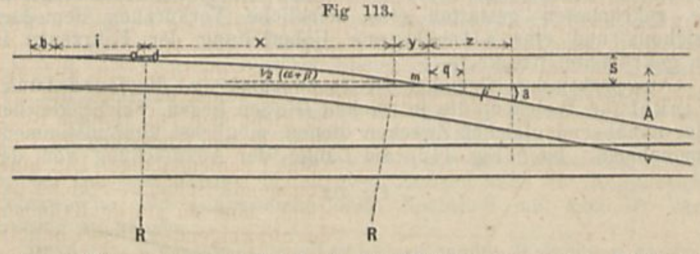
$$l = 29,34^m \text{ und } \operatorname{tang}\alpha = 0,098 \text{ oder rot. } 1/10$$

Wie erwähnt, macht man in Wirklichkeit die Länge l etwas geringer und die Herzstückneigung etwas flacher, weil die Weichenkurve in einiger Entfernung von dem Herzstück aufhören muss, damit in demselben die Räder der Wagen nicht scharf an die Innenkante der Schienen gedrängt werden. Auch mit Rücksicht auf die leichtere Herstellung muss das Herzstück geradlinige Begrenzungen haben. Die Herzstück-Gerade ist nicht unter 3m Länge anzunehmen, welche Länge dem geringsten Radstand kleiner 4räderiger Wagen etwa gleich ist. Nach abgerundeten Zahlen sind die Neigungen der Herzstücke zweckmässig festzusetzen: für Bahnen im flachen Lande von 1 : 10 bis 1 : 12, für Bahnen im Hügellande von 1 : 8 bis 1 : 10. —

Einige Spezial-Bestimmungen über Weichen sind unter I. A. § 63 der techn. Vereinb. gegeben, an welcher Stelle vorgeschrieben ist: „Ausweichungen sollen in allen Gleisen, wo ganze Züge fahren, mit Radien von mindestens 180m angelegt werden. Wünschenswerth ist es, die Endweichen der Bahnhöfe für durchgehende Züge mit Radien von 300m zu konstruiren. Zwischen den beiden Gegenkrümmungen eines Verbindungsgleises soll eine gerade Linie von mindestens 6m Länge liegen. Die Ueberhöhung des äusseren Schienenstranges kann bei den Weichenkurven unterbleiben. Die Vergrösserung der Spurweite in den Kurven ist bis zu 30mm zulässig."

Zur Konstruktion der Weichenfigur seien in Fig. 113 mit s die Spurweite (= 1,435m), mit i die Länge der Weichenzunge, mit b die Entfernung der Zungenspitze vom nächsten Schienenstoss, mit d der

Fig 113.



rechtwinklig gemessene Abstand der Weichenzunge am Drehpunkt von der nächsten Schiene des Hauptgleises, mit α der Winkel, den die Zungenspitze mit der festen Schiene bildet, mit R der Radius der Weichenkurve, mit β der Winkel des Herzstücks, mit A der Abstand der beiden zu verbindenden Gleise von M. zu M. und mit z die Länge von der Herzstückspitze bis zum Halbirungspunkt des zwischen 2 parallelen Gleisen liegenden Verbindungsgleises, welche Länge sich aus dem Gleisabstande A bestimmt, bezeichnet, so ist nach der Figur, bezw. nach bekannten trigonometrischen Sätzen:

$$x = R(\mathrm{tang}\,\beta - \mathrm{tang}\,\alpha)$$

$$\text{und } y = \left[(s-d) - x\frac{\mathrm{tang}(\alpha+\beta)}{2}\right]\mathrm{cotg}\,\beta$$

$$Z = a\,\mathrm{cotg}\,\beta, \text{ worin } a = \frac{1}{2}\left(A - s - \frac{s}{\cos\beta}\right)$$

und die Länge des geraden Gleisstücks vor der Herzstückspitze:

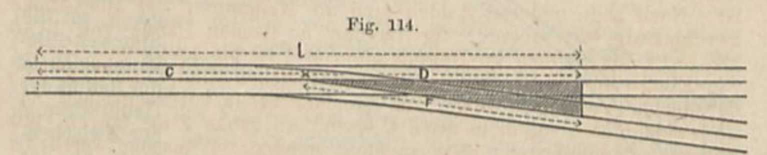
$$m = \frac{y}{\cos\beta}$$

Sind nun q und q_1 die geraden Gleisstücke, welche hinter dem Herzstück, sowohl in der Richtung des Hauptgleises als auch des abzweigenden Gleises eingelegt werden, so ist die kürzeste gerade Linie, die zur Herstellung einer Weiche erforderlich ist:

$$l = b + i + x + y + q.$$

l muss der Gesammtlänge einer Anzahl ganzer Schienen gleich sein. Man erhält nun die Weichenfigur, wenn man auf der Mittellinie des durchgehenden Gleises (Fig. 114) die Länge l aufträgt und die Mittel-

Fig. 114.



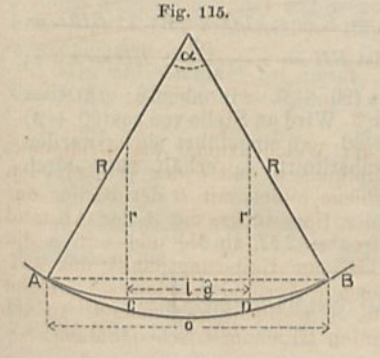
linie des geraden Stückes des abzweigenden Gleises konstruirt; der Durchschnittspunkt von F und D ist dann der Mittelpunkt der Weiche und es ist ferner (s. Fig. 114):

$$C = \frac{2(b + i + x + y + Z) - A\,\mathrm{cotg}\,\beta}{2}$$

$$D = l - C \text{ und } F = \frac{D}{\cos\beta}$$

Soll die Weiche aus dem gekrümmten Gleis abzweigen, so schiebt man zweckmässig an der betr. Stelle der Kurve ein kurzes gerades Gleisstück ein, dessen geringste Länge $= l$ sei. Diese Länge genügt dann, wenn die Weiche nach der konvexen Seite hin abzweigt; findet dagegen die Abzweigung nach der konkaven Seite hin statt, so giebt man bei kleinem Radius dem geraden Gleisstück die Länge l plus 1 Schienenlänge. Die hinzukommende Schiene, welche dazu dient, eine zu starke Krümmung des abzweigenden Gleises unnöthig zu machen, wird vor der Weiche eingeschoben. Wird das gerade Gleisstück in der Richtung der Sehne eingelegt (Fig. 115), so ist die Abweichung von der Mittelaxe der Bahn geringer, als beim Einlegen des ersteren in der Richtung der Tangente. — Kleine Anschlusskurven mit dem Radius r

Fig. 115.



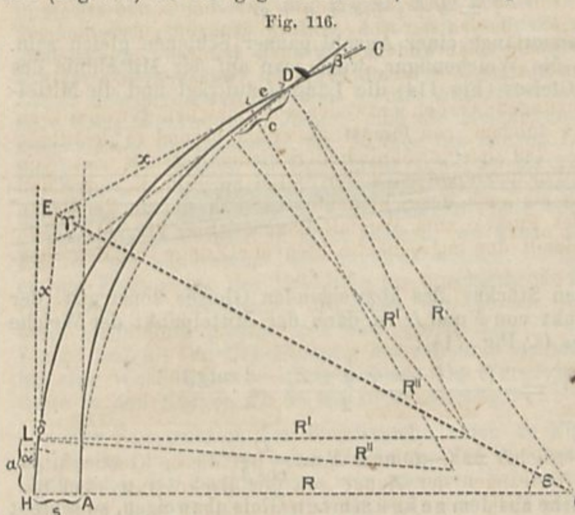
vermitteln den Uebergang der Geraden in die Hauptkurve. Aus den bekannten Werthen von R, r und l findet man:

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{l}{2(R-r)};\quad O = \frac{Rl}{R-r};\quad d = r\left(1-\cos\frac{\alpha}{2}\right)$$

Zweigt die Weiche nach der konvexen Seite ab, so kann man den Nebenstrang in die Richtung der Tangente legen, der dann als durchgehendes Gleis zu betrachten ist und von welchem man die Weiche abzweigen lässt; die Richtung derselben muss die Kurve des Hauptgleises tangiren.

Ist das Einschieben einer Geraden mit der genügenden Länge l in den gekrümmten Hauptstrang nicht möglich, so kann man, unter der Voraussetzung, dass der Radius der Kurve nicht ein zu kleiner ist, eine Weiche in folgender Weise anlegen: Die punktirte Linie AC (Fig. 116) sei die gegebene Kurve, D die Lage der mathematischen Spitze des Herzstücks, L die Lage der Wurzel der Weichenzunge, s sei die Spurweite. Bekannt seien: R der Radius der Hauptkurve, δ der Zwischenraum an der Wurzel der Weichenzunge, c die Länge eines geraden Stückes, das im Hauptstrang, und e die Länge eines geraden Stückes, das im Nebenstrang vor der Herzstückspitze einzuschieben ist; ferner seien bekannt die Winkel α und β. Gesucht werden: der Winkel ε und die Radien R', reduzirter Radius des Hauptstranges, und R'', der des Nebenstranges.

Fig. 116.



In dem Viereck $EHOD$ ist $HO = R + s$; $DO = R$; $\angle EHO = 90 - \alpha$; $\angle EDO = 90 + \beta$; ferner ist $EH = x + \frac{\delta}{\sin\alpha}$; $ED = x + e$; $EO^2 = ED^2 + DO^2 - 2\,ED\,.\,DO\,.\cos(90+\beta)$, wie ebenso: $EO^2 = EH^2 + HO^2 - 2\,EH\,.\,HO\,.\cos(90-\alpha)$. Wird an Stelle von $\cos(90+\beta)$ gesetzt $\sin\beta$ und an Stelle von $\cos(90-\alpha)$ eingeführt $\sin\alpha$, werden ferner die vorangestellten Werthe substituirt, so erhält man durch Reduktion auf x:

$$x = \frac{2Rs + s^2 - 2\delta(R+s) - e^2 - 2eR\sin\beta + \frac{\delta^2}{\sin^2\alpha}}{2\left[e - R\sin\beta + (R+s)\sin\alpha - \frac{\delta}{\sin\alpha}\right]}$$

Nachdem x gefunden, lässt sich der Winkel ε berechnen und hieraus wieder:

$$R' = R - \frac{c}{\sin\varepsilon} - \frac{\alpha}{\operatorname{tang}\varepsilon}$$

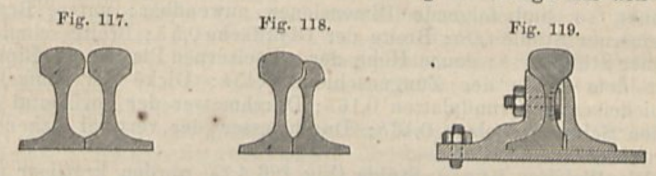
Nun ist $\gamma = 180 + \alpha - \beta - \varepsilon$ und es kann R'' aus den Tangentenlängen und dem von den Tangenten eingeschlossenen Winkel γ gefunden werden, wobei aber festzuhalten ist, dass R'' niemals kleiner als 180m werden darf.

Die Spurerweiterung e kann allgemein, wenn R in Metern gedacht wird, nach der Formel

$$e = \frac{365}{R} \text{ in Zentimetern}$$

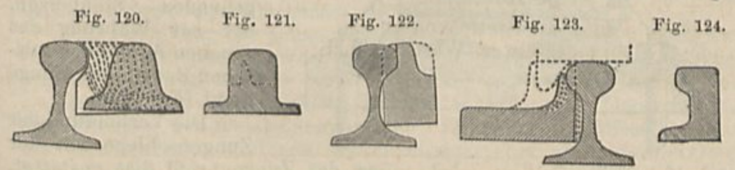
bestimmt werden. Vielfach wird auch an der Weichenspitze eine Spurerweiterung von etwa 20mm angeordnet, um bei einem etwaigen nicht vollständigen Schliessen der Zungen Entgleisungen zu verhindern. Denselben Zweck sucht man anderweitig auch dadurch zu erreichen, dass man vor den Spitzen der Weichenzungen Zwangschienen legt. —

Die Weichenzungen werden entweder aus Schienen gewöhnlichen Profils, oder aus solchen von einem anderen, besonders kräftigen Profil hergestellt. Bei den gewöhnlichen Schienen verschwindet, von der Wurzel der Weichenzunge nach der Spitze zu, allmälig ein Theil sowohl des Kopfes als auch des Schienenfusses, während an der Backe nur ein Theil des Fusses zum Wegfall kommt (Fig. 117, 118, 119). Dies geschieht, damit der zugeschärfte Steg der Zunge an den Steg


Fig. 117. Fig. 118. Fig. 119.

der Backe sich möglichst nahe anlegen kann. Bei dieser Konstruktion findet leicht ein Abdrängen der Zunge von der Backe statt, und besonders ist dies der Fall, wenn die Schwellenunterlage nachgiebig ist. Ausserdem tritt ein Federn der Zunge ein, sobald die Vorderräder schwerer Fahrzeuge gegen den nicht mit seitlichen Stützen (Stehbolzen etc.) versehenen mittleren Theil der Zunge drücken. Aus diesen Gründen werden in neuerer Zeit fast ausschliesslich Zungen von der 2. oben angegebenen Art angewendet, bei welchen der für die Spurkränze der Räder erforderliche Raum ausschliesslich von der Zunge weggenommen wird.

Man unterscheidet bei diesen: das glocken- oder hutförmige Profil (Fig. 120, 121) und ähnliche Formen; die 4 kantige Zunge

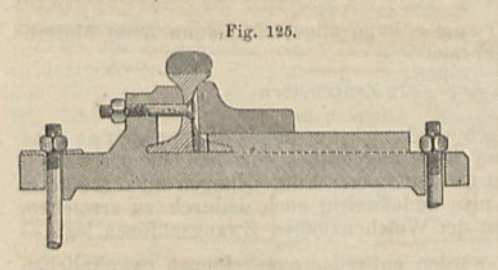

Fig. 120. Fig. 121. Fig. 122. Fig. 123. Fig. 124.

mit abgerundeten Kanten (Fig. 122); das winkelförmige Profil (Fig. 123) und das ⊏ förmige Profil (Fig. 124).

Der Fuss der Zunge wird meistens höher als der Fuss der Backe gelegt und ruht auf Unterlagen, die zum Schmieren eingerichtet sind. Zur Erhaltung eines besseren Anschlusses der Zunge an die Backe wird einer dieser Theile wohl geneigt gestellt; gewöhnlich ist die Einrichtung aber so, dass die Backe senkrecht steht und die Zunge eine horizontale Gleitfläche hat.

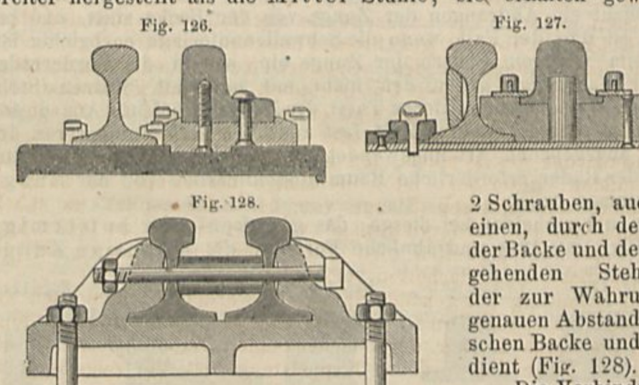
Die Unterlagen der Zungen sind entweder kleine Platten aus Schmiedeisen, die auf den Schwellen befestigt werden, oder auch schmiedeiserne oder gusseiserne Weichenstühle (Fig. 125), an denen die Hauptschiene mit einer horizontalen Schraube (Weichenstuhlschraube) befestigt wird. Letztere wird zuweilen derartig verlängert, dass sie gleichzeitig einen Stehbolzen bildet, durch dessen Wirkung die Zunge gegen seitliche Verbiegungen geschützt wird. Die Befestigung der Gleitstühle auf den Unterlagen geschieht gewöhnlich durch Schraubenbolzen oder Holzschrauben. Kräftige und dabei hohe Gleitstühle gestatten die Anwendung eines niedrigen und hierdurch stabiler werdenden Zungenprofils. Die Länge der Gleitstühle variirt zwischen 0,35 bis 0,60m. Wenn h die Höhe der Zungenschiene bezeichnet, so sind folgende Dimensionen anwendbar: untere Breite gusseiserner Stühle $1{,}0h$; Breite der Gleitfläche $0{,}5h$; Breite schmiedeiserner Stühle $0{,}8h$; ganze Höhe der gusseisernen Platten mit Rippen unter dem Fusse der Zungenschiene $0{,}45h$; Dicke der einfachen schmiedeisernen Grundplatten $0{,}16h$; Durchmesser der horizontal liegenden Schraubenbolzen $0{,}16h$; Durchmesser der vertikal stehenden Schraubenbolzen $0{,}15h$.

Fig. 125.



Die Weichen-Stoss-Stühle (Fig. 126, 127) werden kräftiger und breiter hergestellt als die Mittel-Stühle; sie erhalten gewöhnlich 2 Schrauben, auch wohl einen, durch den Stoss der Backe und der Zunge gehenden Stehbolzen, der zur Wahrung des genauen Abstandes zwischen Backe und Zunge dient (Fig. 128).

Fig. 126. Fig. 127. Fig. 128.



Die Verbindung der Zungenschiene mit der nächstfolgenden Schiene wird, sofern das Zungenprofil dies gestattet, zweckmässig durch eine Lasche hergestellt; daneben befestigt man die Zungenwurzel auch vielfach durch einen vertikalen Drehzapfen auf

ihrem Unterlager (vergl. Fig. 127). Zur Vermeidung einer Ungleichheit in den Längsverschiebungen der beiden Schienenstränge bringt man wohl an der Zungenwurzel einen Bügel zwischen Backe und Zunge an (Fig. 129, 130 sowie 131, 132).

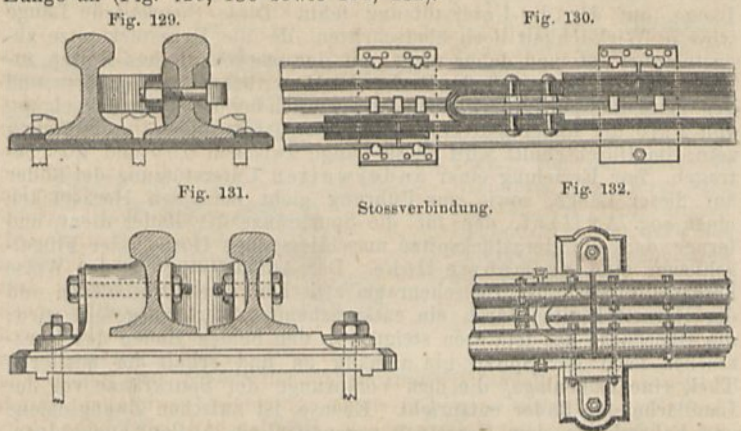


Fig. 129. Fig. 130.

Fig. 131. Stossverbindung. Fig. 132.

Die Verbindung der Weichenschienen unter einander sowohl, als auch mit den Schwellen wird durch breite Blechplatten, die so lang sind, dass sie für je eine Zunge und Backe gemeinsam dienen, bewirkt. In neuerer Zeit wird empfohlen, zwischen den Platten der beiden Seiten Dreieckverbindungen anzuordnen und die Montirung der Weiche auf den Unterlagsplatten schon in der Werkstätte vorzunehmen, um ein möglichst unwandelbares Zusammenhalten der Verbindungsstücke zu erreichen.

Die sichere und genaue Lage der Weiche fordert ein besonderes stabiles Schwellenunterlager. Meistens legt man zu jeder Seite der Weiche eine Langschwelle ($0{,}16^{m}$ hoch und $0{,}32^{m}$ breit), auf welchen die Querschwellen ruhen, die in die erstere 25 bis 35^{mm} tief eingelassen werden. Die Langschwelle aus Holz wird zuweilen durch ein [Eisen mit abwärts gekehrten Flanschen vertreten.

Die beiden Zungen werden meist durch Verbindungsstangen (bis zur Anzahl von 6) von etwa 35^{mm} Dm. gekuppelt, gewöhnlich kommen jedoch nur 2 Kuppelstangen vor. Sie sind entweder fest mit der Zunge verbunden, gerade oder gebogen, oder mit Scharnieren versehen, die eine Aenderung des Winkels, den Kuppelstange und Zunge mit einander bilden, gestatten. Ist l die Länge der Zunge, so kann die Entfernung der hinteren Stange von der Zungenspitze zu 0,5 bis $0{,}8\,l$, und die der vorderen Stange von der Spitze zu $0{,}43\,l$ angenommen werden. Zuweilen wird anstatt der Kuppelstangen ein platt liegendes diagonales Flacheisen verwendet.

Zur Erhaltung der genauen Spurweite werden zuweilen auch zwischen den Hauptschienen der Weiche Verbindungsstangen angebracht, die durch Löcher der Weichenzungen hindurchtreten müssen.

In der Nähe der vorderen Kuppelstange ist die Zugstange für die Bewegung der Weiche anzubringen. Entweder wird dieselbe durch die Weichenbacke hindurch, zweckmässiger aber unter der letzteren hinweggeführt. Damit der Weichenbock sowohl rechts als auch links von der Weiche gestellt werden kann, sind beide Backen und Zungen für die Aufnahme der Weichenbockstange gleichartig vorzurichten. —

Die Konstruktion des Herzstücks ist möglichst derart einzurichten, dass die Räder beim Passiren die gewohnte Art der Unterstützung nicht verlieren. Aus der Weite der Spurkranzrille des Herzstücks und dem Neigungswinkel desselben ergiebt sich diejenige Länge, auf der die Unterstützung fehlt. Diese theoretische Länge wird in Wirklichkeit noch überschritten, da die Herzstückspitze abzustumpfen ist und daher nicht mit der mathematischen Spitze zusammenfallen kann. Bei der Breite der Herzstückspitze von 15^{mm} und der Weite der Spurkranzrille von 52^{mm} würden bei der Herzstückneigung von 1 : 10 die Räder auf eine Länge von 0,67^{m} ohne Unterstützung sein; im Durchschnitt wird diese Länge zwischen 0,5^{m} und 1,0^{m} betragen. Zur Erzielung einer anderweiten Unterstützung der Räder auf dieser Länge, sowie zur Führung giebt man den Herzstücken einen sog. Auflauf, der für die Spurkränze der Räder dient, und ferner den die Herzstückspitze umschliessenden Horn- oder Flügelschienen eine vermehrte Höhe. Der Auflauf wird in der Weise hergestellt, dass der Zwischenraum zwischen den Hornschienen und der Herzstückspitze durch ein entsprechendes Stück ausgefüllt wird; die Oberfläche des letzteren steigt von den beiden Enden des Herzstückes nach der Spitze hin allmälig an und erhält im mittleren Theil eine Höhenlage, die dem Vorsprunge der Spurkränze vor der Laufflâche der Räder entspricht. Ebenso ist zwischen Zwangschiene und Fahrschiene dem Herzstück gegenüber ein Auflauf anzuordnen.

Bei stark ausgelaufenen Radreifen werden bei der beschriebenen Anordnung heftige Stösse der Fahrzeuge nicht zu vermeiden sein, und es ist dies der Grund dafür, dass man sich vielfach gegen die Anwendung der Aufläufe entschieden hat. Zweckmässiger auch als diese ist das zum Ersatz empfohlene Mittel einer Vermehrung der Höhe der Hornschienen, doch sind auch hierbei Stösse nicht vollständig zu vermeiden, namentlich nicht bei Wagenrädern mit ausgelaufenen Kränzen. Die Ueberhöhung der Hornschienen bestimmt sich nach der Konizität der Radreifen; sie beträgt gewöhnlich 5^{mm}. Die Innenkante der Hornschienen muss soweit parallel mit der betr. Seite der Herzstückspitze laufen, als die Maximalbreite der Radkränze dies erfordert, und dann mit einem flachen Bogen in die Verlängerung der Herzstück-Seitenfluchten einmünden. Je weniger weit die Spurkranzrille genommen wird, desto sanfter muss die Ausrundung am Ende der Hornschienen, desto grösser also auch die Länge der letzteren sein. — Das Material, aus welchem die Weichenschienen, die Herzstücke, sowie die Hornschienen gefertigt werden, muss wegen seiner starken Beanspruchung Gleichförmigkeit, Härte und Zähigkeit in sich vereinigen; zu den Zungen ist, der Möglichkeit des Hobelns wegen, Puddelstahl zu nehmen. Ausser Feinkorneisen hat man namentlich Puddel- und Gusstahl angewendet. Zweckmässig ist es, Zungen und Backen aus gleichem Material herzustellen. — Die Herzstücke werden vorwiegend aus Hartguss, sodann auch aus Guss- und Puddelstahl gefertigt. Die Techniker - Versammlungen des Ver. Deutscher Eisenbahn - Verwalt. haben bezüglich des Materials zu Herzstücken folgende Resolutionen ausgesprochen:

„Herzstücke aus Gusstahl und Hartguss, von guter Konstruktion und vorzüglichem Material, sind zu empfehlen. — Für die freie Bahn sind Herzstücke aus Gusstahl vorzuziehen. Mit den in einem Stück gegossenen Gusstahl-Herzstücken sind überall günstige Resultate erzielt, vorausgesetzt dass das Material ohne Fehler war und die Endzapfen zur Befestigung der Anschlusschienen nicht so schwach konstruirt waren, dass Querbrüche entstehen konnten. — Herzstücke mit

Gusstahlspitzen und Leitschienen haben sich ebenfalls gut bewährt, vorausgesetzt dass die Befestigung auf dem massenhafteren Gusskörper eine durchaus solide war und im Stahl keine Fehler sich befanden." —

Fig. 133. (1:40).

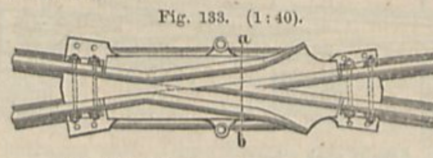
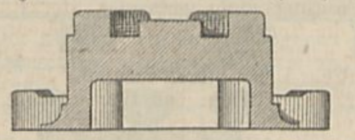


Fig. 134. Schnitt nach $a - b$. (1:10).

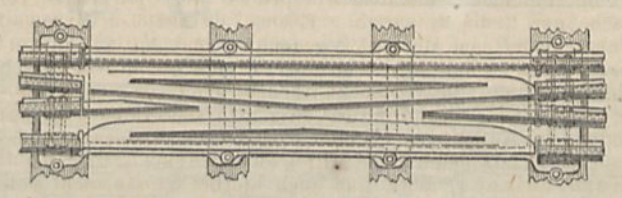


Folgende Herzstückarten sind speziell zu erwähnen:

Hartguss-Herzstück, (von Gruson in Buckau bei Magdeburg, von Ganz in Ofen, von der Hütte in Ilsenburg am Harz etc., Fig. 133, 134, 135). Dieses Herzstück kommt auch mit untergelegten Blechplatten zur Verwendung.

Schienen-Herzstück, zuweilen mit Auflauf und

Fig. 135.
(Hartguss-Herzstück der englischen Weiche.)



schräg gestellten Hornschienen (Fig. 136—141), sowie einer kleinen Blechplatte unter den Schienen zur Erhöhung der Hornschienen hergestellt. Dasselbe ist vielfach auch mit Unterlagsplatten, welche die zusammengefügten Herzstücke mit den anderen Theilen verbinden, angewendet.

Herzstück mit Gusstahl- oder auch Bessemerstahlspitze (Fig. 142—144), letztere gewöhnlich zum Umlegen eingerichtet; dasselbe ist auch wohl mit Schaalengusspitze ausgeführt.

Gusstahl-Herzstück (Bochumer Verein), zum Umlegen eingerichtet (Fig. 145). Dasselbe wird zuweilen mit untergelegten schmiedeisernen Platten verwendet.

Herzstück, bestehend aus einer Gussunterlage mit Hornschienen und Spitzen (Fig. 146).

Die ganz aus Hartguss hergestellten Herzstücke sind haltbarer als die mehrtheiligen und auch nicht gerade theuer. Diejenigen, bei denen Hornschienen und Spitzen getrennt sind, haben den Vortheil, dass dabei Auswechselungen einzelner Theile vorgenommen werden können. —

Die Länge der Herzstücke variirt je nach der Neigung derselben zwischen 2 und 3^{m}; Schienen-Herzstücke müssen mindestens die letztere Länge erhalten. Die Verbindung der Herzstücke mit den anschliessenden Schienen muss möglichst kräftig sein. Dieselbe geschieht entweder durch einen angegossenen Zapfen, der sich zwischen die anschliessenden Schienen legt, und mit Schraubenbolzen oder auch durch Platten, welche die Anschlusschienen zwischen sich fassen. Endlich kommen auch noch verjüngte Zapfen und Laschen an der Aussenseite vor, etc. etc. —

Fig. 136. (1 : 40).

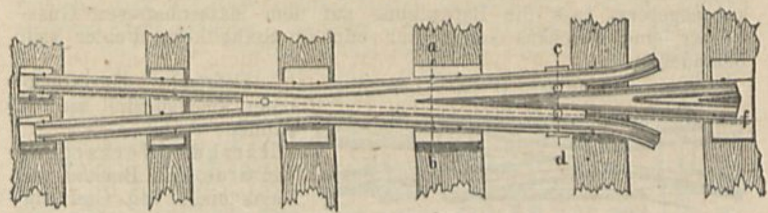


Fig. 137. Schnitt nach *e — f*.

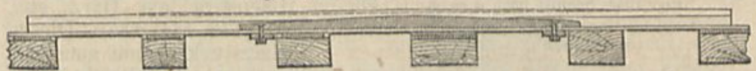


Fig. 138. Schnitt nach *a — b*. (1 : 10). Fig. 139. Schnitt nach *c — d*.

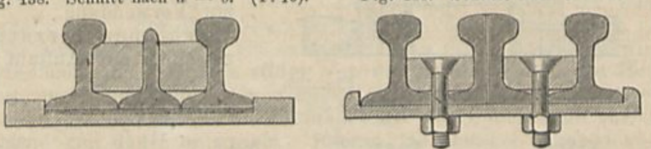


Fig. 140.

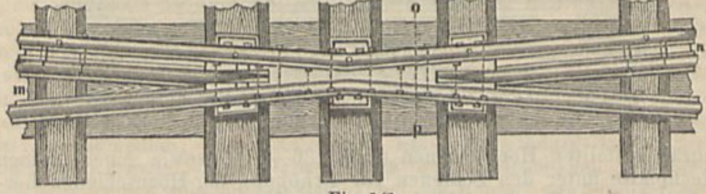


Fig. 141.

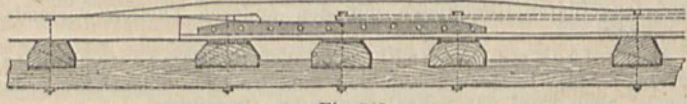


Fig. 142.

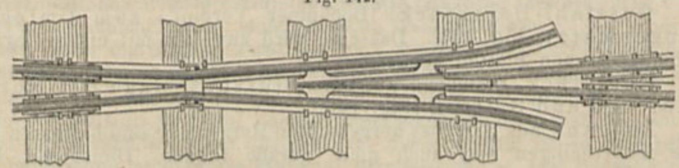
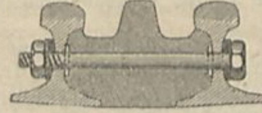


Fig. 143. Fig. 144.



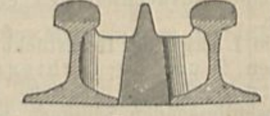
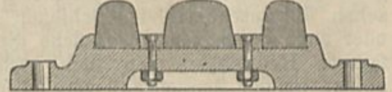


Fig. 145. Fig. 146.





Die Zwangschienen erhalten eine Länge von rot. 3m und eine derartige Lage, dass die Herzstückspitze dem Halbirungspunkt der Zwangschiene gegenüber liegt. Zur Erhaltung der Spurkranzrillen-Weite werden Zwangschiene und Fahrschiene durch Schraubenbolzen (Stehbolzen) verbunden. Es werden auch wohl Gussklötze oder Platten, ähnlich dem Auflauf der Herzstücke, zwischen die beiden Schienen eingelegt.

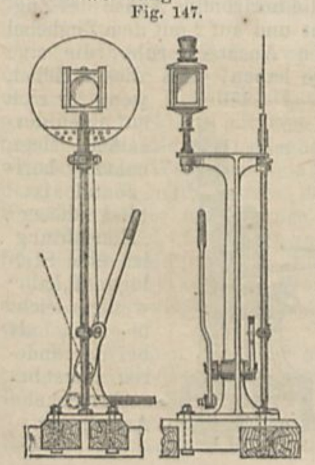
Für die preussischen Eisenbahnen ist über die Weite der Spurkranzrille vorgeschrieben, dass dieselbe im geraden Gleise 44 bis höchstens 46mm, im gekrümmten Gleise 41 bis höchstens 44mm betragen soll. Diese Maasse gelten für den mittleren, 1m langen Theil der Spurkranzrille, an den sich auf jeder Seite noch ein 1m langes Stück anschliesst, das nach dem Ende hin bis auf 52mm Weite zunimmt.

Der Abstand der kurz gebogenen Enden der Zwangschiene von der Fahrschiene wird zweckmässig zu 100mm angenommen. Bei stark befahrenen Weichen oder auch solchen, die in Kurven liegen, wird der Zwangschiene eine Ueberhöhung (neuerdings bis zu 50mm) gegeben. —

Stellvorrichtungen der Weichen. Dieselben haben folgende Bedingungen zu erfüllen: Sie sollen eine sichere und bequeme Umstellung, sowie ein festes Andrücken der Zunge an die Fahrschiene ermöglichen und auch die geöffnete Zunge in ihrer Lage erhalten. Die Vorrichtung muss ausserdem das Oeffnen der Weiche durch die Räder beim Fahren mit der Spitze gestatten, und es muss die, beim Auffahren selbstthätige Weiche so eingerichtet sein, dass dieselbe nach dem Passiren des Zuges in ihre frühere Lage von selbst wieder zurückkehrt. Endlich muss die Stellvorrichtung die Anbringung eines Signals gestatten, das automatisch beweglich ist und das über die jeweilige Stellung der Weiche bestimmte Auskunft ertheilt. Dass die Stellvorrichtung auch eine derartige Einrichtung haben muss, dass durch dieselbe der Raum zwischen den Gleisen möglichst wenig beengt wird, ist eine wichtige, aber selbstverständliche Anforderung.

Die Umstellung der Zunge wird entweder mittels eines um eine horizontale Achse drehbaren Hebels — Hebelapparate — oder mittels einer Kurbel bewirkt, die auf einer vertikalen Achse steckt — Kurbelapparate. — Der Kurbelmechanismus kommt nur noch selten zur Anwendung.

Fig. 147.



Zum festen Andrücken der Zungen an die Backen der Schienen und zum Zwecke der selbstthätigen Rückkehr in die ursprüngliche Lage oder des Ueberspringens in die entgegengesetzte Lage wendet man jetzt allgemein Gegengewichte an, und zwar für eine und 2 Stellungen bezw. einfach-, und doppeltwirkende Gegengewichte.

Die zur Bewegung der Zungen erforderliche Kraft beträgt meist zwischen 50 und 140k, bei Berechnung einer Stellvorrichtung werden dafür zweckmässig 40 bis 80k in Rechnung gebracht.

Die Hebelapparate können sein: 1) Hebel ohne Gegengewicht (Fig 147). Hierbei hat der Hebel einen langen und einen kurzen Arm; ersterer dient zur Aufnahme der Kraft, an letz-

terem ist die Zugstange befestigt. Der Hebel ist entweder ein- oder doppelarmig. Der doppelarmige Hebel verdient den Vorzug; in seiner mittleren Stellung erhält derselbe am besten eine vertikale Lage. Dieser früher sehr verbreitete Hebelapparat wird jetzt nur noch für untergeordnete Weichen zur Anwendung gebracht.

2) Hebel mit einfach wirkendem Gegengewicht. Bei diesem ist das letztere entweder an einem besonderen Hebelarme oder am Handhebel selbst angebracht. Bei nicht normaler Stellung muss der Hebel so lange mit der Hand gehalten werden, bis der Zug passirt ist. Dieser Apparat kommt nur noch selten vor; sehr verbreitet dagegen ist:

3) Der Hebel mit doppelt wirkendem, zurückschlagendem Gegengewicht (Fig. 148, 149). Hierbei erfolgt die Bewegung des Zughebels entweder direkt durch das Umlegen des Gegengewichts oder durch Einschaltung eines besonderen Hebelarms (Handhebel), der die Verlängerung des Zughebels bildet; der Hebelapparat kann mit horizontal drehbarem Gegengewicht konstruirt sein und es befindet sich dann das Gegengewicht an einem Hebelarm, dem Gewichtshebel, für den der Zughebel die Drehachse bildet. Bei einer Drehung um 180° muss eine Umstellung erfolgen. — Sehr verbreitet ist diejenige Konstruktion, bei der der Gewichtshebel durch eine halbkreisförmige, mit dem Zughebel verbundene Scheibe unterstützt ist (Fig. 150, 151). Die Umstellung muss hierbei vorsichtig und mit besonderer Kraftanstrengung ausgeführt werden, weil sonst leicht eine halbe Stellung der Weiche möglich wird. — Der Hebelapparat kann ferner mit vertikal drehbarem Gewichte versehen sein, wobei sich der Gewichtshebel um die horizontale Achse des Zughebels dreht und auf 2 mit dem Zughebel verbundenen Ansätzen ruht, die eine solche Lage haben, dass dieser Hebel, wenn er sich auf einen derselben legt, nahezu horizontal ist. Bei dieser Einrichtung ist eine Stellung auf „halb“ weniger leicht möglich, als bei der anderen, zuerst beschriebenen Anordnung.

Fig. 148.

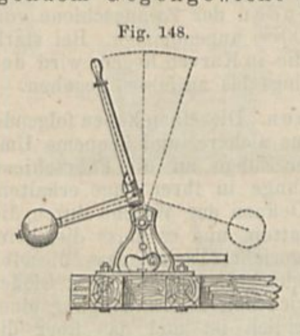


Fig. 149.

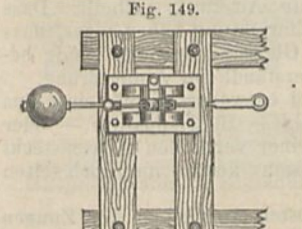
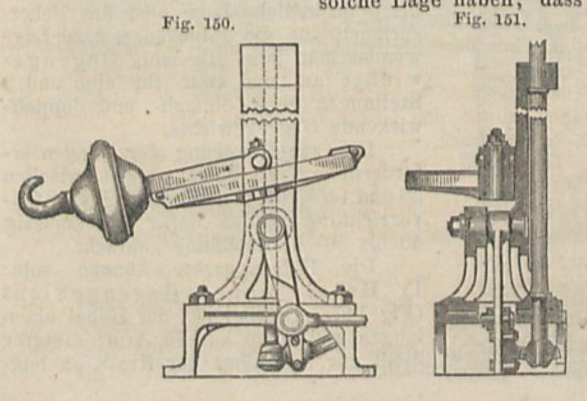


Fig. 150. Fig. 151.



Endlich kann noch das Gegengewicht mit dem Zughebel fest verbunden sein, wobei es, je nach seiner Lage gegen die durch die Drehachse gehende Vertikalebene, in dem einen oder dem anderen Sinne wirkt.

4) Hebelapparate mit überschlagendem Gegengewicht (Fig. 152—156). Hierbei wird das Umlegen des Gegengewichts durch

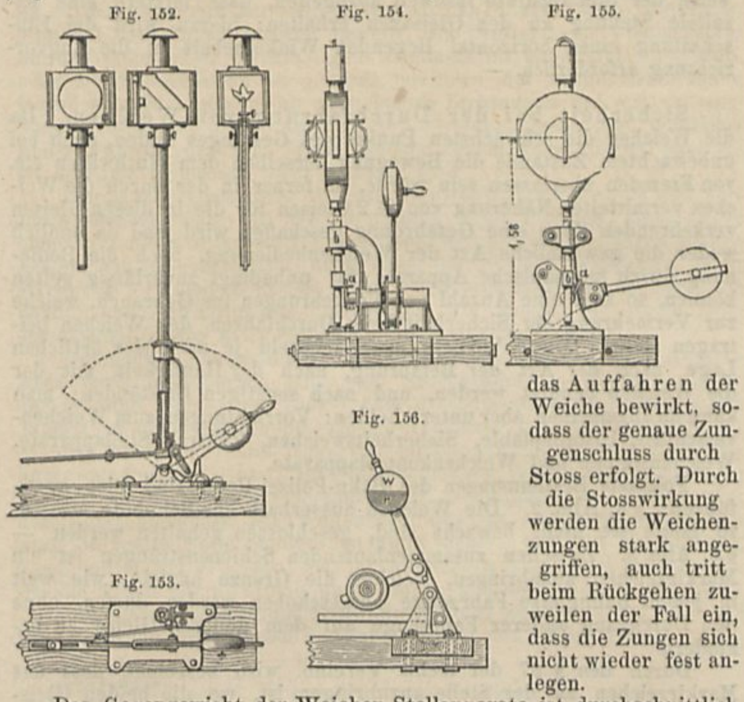


Fig. 152. Fig. 153. Fig. 154. Fig. 155. Fig. 156.

das Auffahren der Weiche bewirkt, sodass der genaue Zungenschluss durch Stoss erfolgt. Durch die Stosswirkung werden die Weichenzungen stark angegriffen, auch tritt beim Rückgehen zuweilen der Fall ein, dass die Zungen sich nicht wieder fest anlegen.

Das Gegengewicht der Weichen-Stellapparate ist durchschnittlich 30—40k schwer, die Höhenlage des Handgriffs rot. 1,1m über Planumshöhe.

Zu einer der Techniker-Vers. d. Ver. deutsch. Eisenb.-Verwalt. im Jahre 1868 vorgelegten betr. Frage hat sich dieselbe für Stellvorrichtungen, bestehend aus Hebel mit umlegbarem Gegengewichte, erklärt; mit dem Stellapparat soll eine Vorrichtung verbunden sein, die bei Umlegung des Stellhebels die selbstthätige Bewegung eines Weichensignals bewirkt. Hierzu vergl. auch § 64 alin. 2 der techn. Vereinb., sowie den später folgenden Abschnitt über das Signalwesen der Eisenbahnen. —

Was die Aufstellungsweise der Stellapparate betrifft, so ist folgendes anzuführen:

Als Unterlage der Weichenböcke dienen meist kurze Schwellstücke, die zwischen die verlängerten Weichenschwellen eingezapft werden.

Bei Weichen, die nahe zusammenliegen, sollen, um Ueberschreitungen der Gleise unnöthig zu machen, die Stellvorrichtungen sämmtlich an einer Seite des betr. Gleises ihre Aufstellung erhalten.

Einzeln (z. B. auf dem Bahnhof Berlin der Berl.-Potsd.-Magdeb. Eisenb.) kommt es vor, dass des mangelnden Raumes wegen die Stell-

vorrichtungen nur wenig über Planumshöhe angeordnet sind; bei einer solchen Aufstellungsweise ist das Umstellen der Weichen etwas unbequem, die nächtliche Beleuchtung derselben aber günstig.

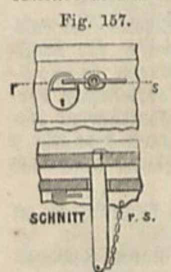
Bei engster Lage von 2 Parallelgleisen (Seite 206) ist es zweckmässig, von der sonst üblichen, etwas raumeinnehmenden Aufstellungsweise der Stellapparate insoweit abzugehen, dass letztere eine parallele Stellung zu den Gleisaxen erhalten; hierzu wird die Einschaltung eines horizontal liegenden Winkelhebels in die Zugvorrichtung erforderlich. —

Sicherheit bei der Durchfahrung von Weichen. Da die Weichen die schwächsten Punkte des Gestänges bilden, auch bei unbewachtem Zustande die Bewegung derselben dem Muthwillen etc. von Fremden überlassen sein würde, da ferner in der durch die Weichen vermittelten Näherung von je 2 Gleisen für die in diesen Gleisen verkehrenden Züge eine Gefährdung geschaffen wird und da endlich weder die gewöhnliche Art der Weichenbedienung, noch die Bedienung durch mechanische Apparate für unbedingt zuverlässig gelten können, so sind eine Anzahl von Vorkehrungen im Gebrauch, welche zur Vermehrung der Sicherheit beim Durchfahren der Weichen beitragen sollen. Diese Vorkehrungen wechseln je nach der örtlichen Lage, nach der Art der Befahrung, nach der Häufigkeit, mit der die Weichen benutzt werden, und nach sonstigen Umständen; man kann im allgemeinen aber unterscheiden: Vorrichtungen zum Weichenverschluss, Distanzpfähle, Sicherheitsweichen, Zentral-Stellapparate, Weichensignale und Weichenkontrolapparate.

Folgende Bestimmungen des Bahn-Polizei-Regl. sind hier anzuführen: § 3, Alin. 2. Die Weichen ausserhalb der Bahnhöfe müssen, so lange sie nicht bewacht sind, geschlossen gehalten werden. — § 6, Alin. 3. Zwischen zusammenlaufenden Schienensträngen ist ein Markirzeichen anzubringen, welches die Grenze angiebt, wie weit in jedem Bahngleise Fahrzeuge vorgeschoben werden dürfen, ohne den Durchgang anderer Fahrzeuge auf dem anderen Gleise zu behindern.

Durch den § 67 der techn. Vereinb. wird bestimmt, dass das Markirzeichen an der Stelle anzubringen ist, wo die beiden Gleisstränge sich bis auf 3,50m genähert haben; § 64 derselben endlich erklärt Einfallhaken bei selbstwirkenden Weichen für unzulässig.

Fig. 157.



Der Weichenverschluss wird entweder an den Weichenschienen selbst, oder an der Ausrückvorrichtung angebracht. Bei der ersteren Art, dem direkten Verschluss, welcher die grössere Sicherheit bietet, ist gewöhnlich an die Zunge ein Zapfen angenietet, der durch ein Loch in der Backenschiene tritt; durch Vorstecken eines Splints und ein Vorhängeschloss wird der Verschluss erreicht (Fig. 157).

Der indirekte Verschluss erfolgt dadurch, dass man den Zug- oder Gewichthebel mit Hülfe eines Bügels nebst Schloss, oder in einer sonst passenden Weise am Gestelle festlegt (Fig. 158). Noch andere Arten von Weichenverschlüssen, u. z. solche, welche unter besonderen Verhältnissen vorkommen, werden im weiteren Verlauf des gegenwärtigen und des folgenden Abschnittes beschrieben werden.—

Fig. 158.

Als *Markirzeichen* wurden früher meist kleine Holz- oder Steinpfosten von 0,25—0,40^{m} Höhe mit hellfarbigem Anstrich verwendet. Solche Pfosten hindern aber die freie Bewegung der Weichenwärter und sind bei Nacht für sie gefährlich; die Gefahr kann zwar dadurch, dass man den Fuss der Pfosten mit einer kleinen kegelförmigen Anschüttung umgiebt, gemindert werden; besser aber ist es, Markirzeichen zu wählen, welche das Planum nicht überragen. Man hat deshalb auf einigen Bahnen der freiliegenden Fläche einer Bahnschwelle einen mehrfarbigen streifenförmigen Anstrich gegeben, oder die Seitenflächen der inneren Schienen der zusammentretenden Gleise vom Grenzpunkte ab nach beiden Richtungen hin auf ein paar Meter Länge mit einem Anstrich aus 2 verschiedenen und möglichst hellen Farben versehen. Diese Zeichen leiden indess daran, dass sie bei starkem Schneefall nicht sichtbar sind.

Durch die Anwendung der sog. *Sicherheitsweichen* soll verhütet werden, dass die Weichenzungen beim Passiren eines Zuges eine der vielen möglichen *Zwischenlagen* zwischen ihren beiden Endstellungen einnehmen, oder dass die Weiche *während* jener Passirung *verstellt* werden kann. Von verschiedenen im Gebrauch befindlichen Einrichtungen beschreiben wir einige, die ihrem Konstruktions-Prinzip nach ziemlich übereinstimmend sind.

Gemeinsam bei denselben ist, dass an der Innen- oder Aussenseite der Bahnschienen eine sog. Druckschiene — Pedal — liegt, deren Länge mindestens gleich dem grössten äusseren Radstand der Wagen ist und die durch eine Hebelvorrichtung mit der Zugstange der Weiche verbunden wird. Bei genauem Zungenschluss liegt die Oberkante des Pedals *tiefer*, bei Nichtschluss der Weichenspitze dagegen *höher* als die Schienenoberkante; der Niedergang des Pedals wird durch das Auflaufen der Wagenräder bewirkt. Dass dieser Niedergang in jedem Falle erfolgt, ist nicht sicher, weil die Vorrichtung einen todten Punkt besitzt, der für denjenigen Augenblick sich ergiebt, wo das Pedal die *höchste* unter seinen möglichen Lagen einnimmt.

Die einfachste Art der Sicherheitsweiche ist die in den Fig. 159 bis 161 dargestellte, deren Einrichtung sich von selbst erklärt.

Fig. 159.

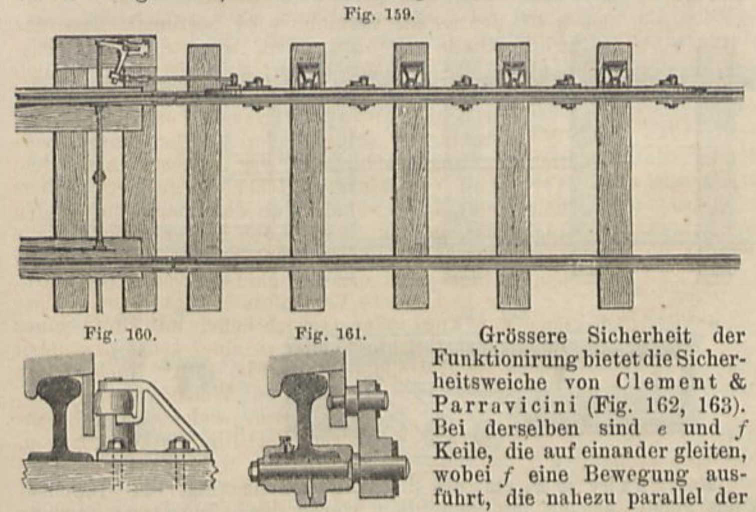


Fig. 160. Fig. 161.

Grössere Sicherheit der Funktionirung bietet die Sicherheitsweiche von *Clement & Parravicini* (Fig. 162, 163). Bei derselben sind *e* und *f* Keile, die auf einander gleiten, wobei *f* eine Bewegung ausführt, die nahezu parallel der

Gleisaxe gerichtet ist. (Durch eine um 90° abgeänderte Lage der Keilschneiden, wie solche bei den bayer. Ostbahnen angenommen ist, wird

Fig. 162.

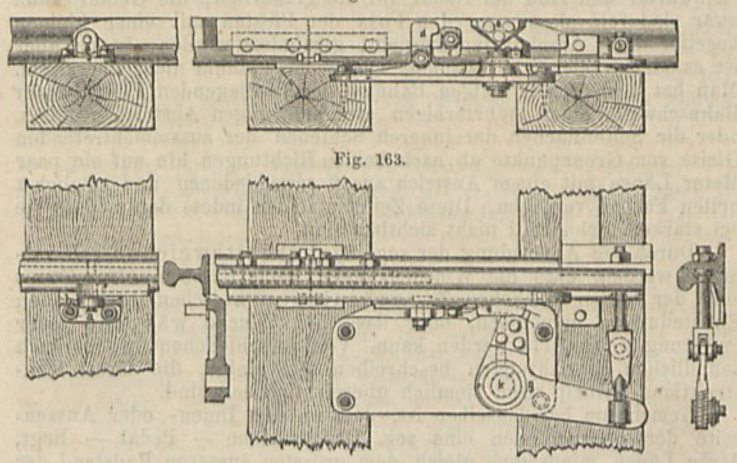


Fig. 163.

eine Bewegungsrichtung erzeugt, die etwa normal zur Gleisaxe liegt.) Die Bewegung des Keiles *f* wird durch ein Hebelwerk *g* auf die Weichenzungen übertragen, welche hierdurch gezwungen sind, der durch den Raddruck erzeugten Bewegung von *f* zu folgen. Dieser Druck wird vermöge der zwischen den Weichenzungen und dem Keil *f* bestehenden Verbindung immer ausgeübt, wenn erstere irgend eine der vielen möglichen Zwischenlagen zwischen völligem Schluss und völliger Oeffnung der Spitzen einnehmen. Die Nase *c* und der Anschlag *d* (Fig. 162) sollen dazu dienen, sowohl das Pedal zu führen, als auch dasselbe vor dem muthwilligen Ausheben zu sichern.

Fig. 164.

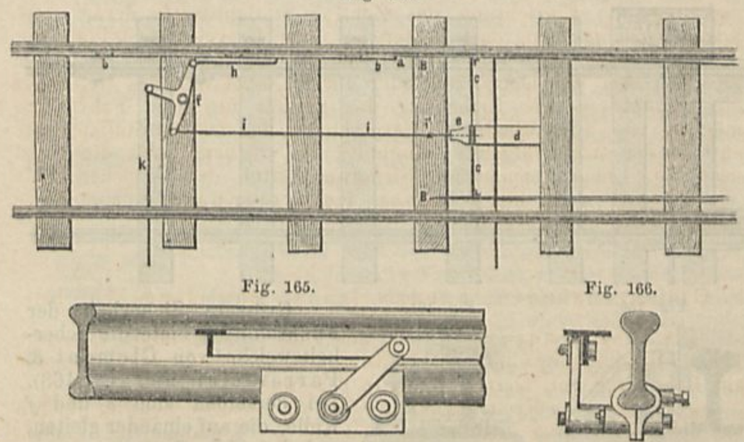


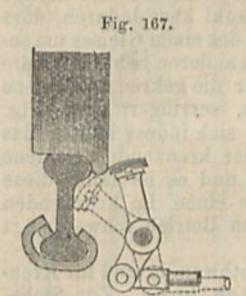
Fig. 165. Fig. 166.

Bei Saxby & Farmer's Sicherheitsweiche (Fig. 164—166) ist *b* das Pedal, *h* eine mit demselben verbundene Zugstange, durch

welche die Längsbewegung des Pedals auf den Hebel *f* übertragen wird. Letzterer pflanzt diese Bewegung mittels der Zugstange *i* bis zu einem zwischen den Zungen hochkantig gestellten Flacheisen *c* fort. Das Mittelstück von *c* verschiebt sich in einer Führung *e*, die auf der Platte *d* angebracht ist; es besitzt 2 Löcher, in welche ein Zapfen (Stösser) der Zugstange *i* eintritt, sobald das Eisen *e* die genau entsprechende Lage in der Führung einnimmt. Für den Eintritt des Stössers *i* wird eines dieser Löcher frei, sobald die Weichenzungen eine von ihren beiden Endlagen einnehmen; durch Vorschieben des Stössers werden die Zungen in der entsprechenden Endlage festgeriegelt. — Die Vorrichtung wird dadurch, dass der Theil *f* als Winkelhebel ausgebildet ist und durch Zugstangen und Kniehebel mit einem entfernt aufgestellten entsprechenden Signal in Verbindung steht, zu dem weiteren Zweck geeignet, genaue Auskunft über die jeweilige Stellung der Weiche zu geben.

Eine englische Sicherheitsweiche, deren Konstruktionsprinzip fast übereinstimmend mit demjenigen der bereits besprochenen ist, stellt Fig. 167 dar. Der todte Punkt erscheint bei derselben in etwas günstigerer Weise überwunden, als bei den in Fig. 159 bis 166 gezeichneten Einrichtungen.

Fig. 167.



Während für Weichen mit Einzelstellung die Anwendung der Sicherheitsweiche von nur bedingtem Werthe ist, erlangen diese Vorrichtungen für Weichen mit zentralisirter Stellung einen erhöhten Werth. Der allgemeine Mangel, von dem Sicherheitsweichen nicht ganz zu befreien sind, dass nämlich bei der Stellung der Weiche auf „halb" ein todter Punkt stattfindet und dann die Weiche versagen kann, wird beim Zentral-Stellapparat aus dem Grunde unschädlich, weil bei demselben die Einrichtung so getroffen ist, dass bei Stellung auf „halb" das Einfahrts-Signal nicht gegeben werden kann. Es hat gar keine Schwierigkeiten, die Einrichtung des Zentral-Stellapparates derart vollkommen zu machen, dass schon bei einer Dreiviertel-Stellung der Weiche — die etwa durch Einklemmen von Schnee oder Steinchen zwischen den Weichenspitzen, oder durch Nachlassen des Gestänges etc. entsteht — die Ertheilung des Signals für freie Fahrt unmöglich ist. Eine speziellere Besprechung der Zentral-Stellapparate enthält der nächstfolgende Abschnitt, in welchem auch die sonst noch in Frage kommenden Sicherungsmittel der Weichen: die Weichensignale und Weichen-Kontrolapparate, eine kurze Besprechung finden werden.

b. Gleiskreuzungen, Kreuzweichen, Englische Weichen.

Die Gleiskreuzungen sind entweder rechtwinklige (Fig. 168, 171, 174) oder spitzwinklige (Fig. 169, 175); erstere kommen fast nur auf Bahnhöfen vor, letztere mehr in der freien Bahn.

Je kleiner der Kreuzungswinkel ist, um so mehr Schwierigkeiten hat die konstruktive Ausführung, weil mit der Abnahme des Winkels die Länge desjenigen Gleisstückes wächst, auf welcher an den Kreuzungsstellen den Rädern der passirenden Fahrzeuge die Unterstützung fehlt. — Da bei Kreuzungen mit gleicher Höhenlage der Schie-

nen der beiden kreuzenden Gleise alle zusammentreffenden Schienen ein kurzes Stück verlieren müssen, um den Radflanschen den Durch-

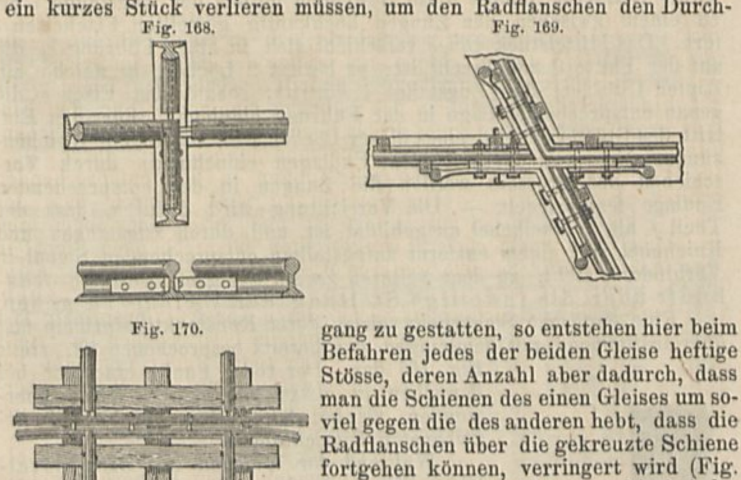


Fig. 168. Fig. 169.

Fig. 170.

gang zu gestatten, so entstehen hier beim Befahren jedes der beiden Gleise heftige Stösse, deren Anzahl aber dadurch, dass man die Schienen des einen Gleises um soviel gegen die des anderen hebt, dass die Radflanschen über die gekreuzte Schiene fortgehen können, verringert wird (Fig. 170). Es ergiebt sich indess hierbei das fehlende Stück der kreuzenden Schiene als ziemlich lang und es ist daher diese Konstruktion für einen im kreuzenden Gleise erfolgenden Betrieb schwerer Art nicht geeignet.

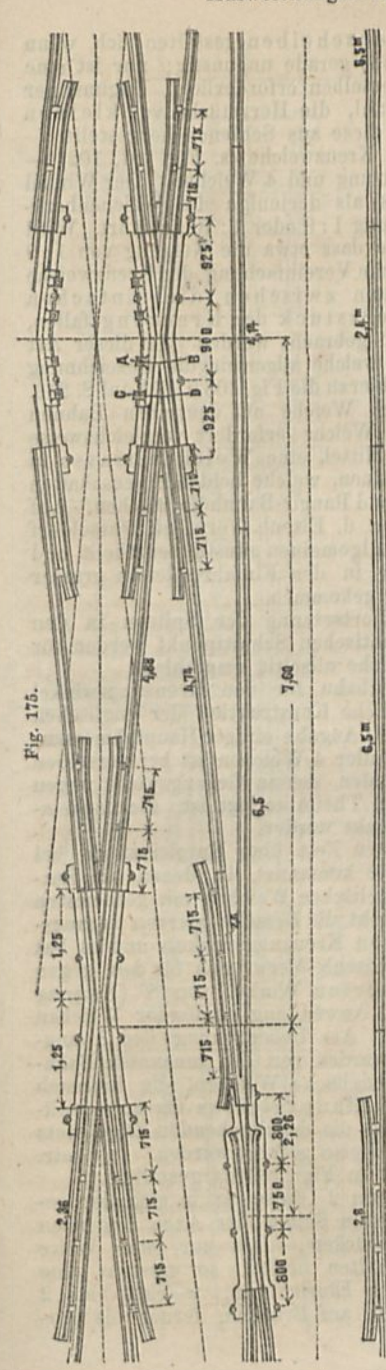
Unbedingt nothwendig sind für Kreuzungen Zwangschienen. Zur Sicherung der Spurrillenweite dient bei Verwendung von Schienen gewöhnlichen Profils ein zwischengelegtes, kreuzförmig gestaltetes Stück, und zur soliden Befestigung auf der Unterlage eine grössere eiserne Platte, die durch die Hakennägel der Schienen mit festgehalten wird (Fig. 174). Wenn irgend zulässig, erhalten die Zwangschienen eine grössere Höhenlage als die Fahrschienen; besonders gilt dies für spitzwinklige Kreuzungen, doch ist durch betr. Bestimmungen die Disposition über das Maass der Ueberhöhung beschränkt. Nähert sich der Kreuzungswinkel dem für Herzstücke (S. 246) als gebräuchlich angegebenen, so muss die Konstruktion wesentlich anders als in den Figuren 168—174 dargestellt ist, ausgeführt werden, da die Länge, auf welcher die Räder alsdann ohne Unterstützung sein würden, sich auf 0,5 – 1,0m belaufen kann.

Fig. 171.

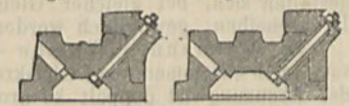
Fig. 172.

Fig. 173.

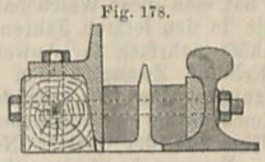
Fig. 174.


Fig. 175.

Die Fig. 175—177 stellen eine auf der Oesterr. Nordwest-


Fig. 176. Fig. 177.

Bahn für den Kreuzungswinkel von 10° 50′ (Neigung = 1 : 5,22) ausgeführte Kreuzung mit Hartguss-Herzstücken dar, bei welcher die Führung der Räder an den Kreuzungspunkten durch aufgeschraubte sattelförmige Leisten aus Hartgusss bewirkt wird. Eine andere, für spitzwinklige Kreuzungen benutzte Konstruktion zur sicheren Führung der Räder giebt Fig. 178 an; hierbei wird die Zwangschiene in sehr solider Weise durch ein ⊣ Eisen gebildet.


Fig. 178.

Sehr spitze Kreuzungen werden zwar möglichst vermieden, indess kommen doch solche mit dem Neigungsverhältniss von 1 : 9 (6° 20′) und selbst 1 : 10 (5° 43′) vor. Zu geringeren Neigungen überzugehen wird fast nie Veranlassung sein, weil jene Neigungen sich unschwer mit Weichen-Herzstücken, von 1 : 12 etwa, in Verbindung bringen lassen. Bei Kreuzungen, die dadurch entstehen, dass 2 zu beiden Seiten eines Mittelgleises liegende Gleise durch Weichen verbunden werden, ist es nicht unbedingt erforderlich, dass die Neigungen in den Kreuzungsstellen des Mittelgleises mit denjenigen der Weichen-Herzstücke in den Seitengleisen genau übereinstimmen; es können vielmehr (unter Voraussetzung, dass der gewöhnliche Gleisabstand von 3,5^{m} vorhanden ist) 2 verschiedene Neigungen jener Theile unschwer ineinander übergeführt werden, wie z. B. 1 : 12 in 1 : 10, oder 1 : 10 in 1 : 8 und ähnlich.

Kreuzungen bei grossen Drehscheiben gestalten sich, wenn die Gleiszahl eine normale ist, nicht gerade ungünstig; nur ist eine besonders stabile Konstruktion derselben erforderlich. Ungünstiger gestalten sich, bei gleicher Gleiszahl, die Herzstücke vor kleinen Drehscheiben; gewöhnlich werden diese aus Schienen hergestellt. —

Die Kreuzungs-Weiche — Kreuzweiche (s. Fig. 101, 102) — setzt sich zusammen aus 1 Gleiskreuzung und 4 Weichen. Der Winkel der Kreuzung ist doppelt so gross als derjenige der Weichenherzstücke, die man meist mit der Neigung 1 : 9 oder 1 : 10 ausführt. Wird der Kreuzungswinkel sehr spitz, so dass etwa die Neigung von 1 : 9 vorhanden ist, so tritt eine wesentliche Vereinfachung der Kreuzweiche ein, indem die Weichenzungen dann zwischen die einfachen Herzstücke und das Doppelherzstück der Kreuzung fallen, wodurch erstere zum Verschwinden gebracht werden. In dieser Art entsteht die Gleiskreuzungsweiche, welche allgemein die Bezeichnung englische Weiche führt. Vergl. hierzu die Fig. 103 u. 104 auf S. 243.

Der häufige Gebrauch der engl. Weiche auf deutschen Bahnen datirt erst aus neuerer Zeit. Die Weiche erfordert vergleichsweise wenig Raum; sie bietet ferner das Mittel, eine Weichenstrasse in der Mitte von Parallelgleisen anzuordnen, welche beiden Eigenschaften sie besonders werthvoll für Güter- und Rangir-Bahnhöfe machen. Auf der 6. Techniker-Konferenz des Ver. d. Eisenb.-Verw. zu Düsseldorf 1874 hat man diese Weichenart im allgemeinen günstig beurtheilt und ist sie in den letzten Jahren sogar in den Einfahrtsgleisen grosser Bahnhöfe mehrfach zur Anwendung gekommen.

Erhöhte Zwangschienen und Fortsetzung der Spitzen in den Kreuzungspunkten bis zum mathematischen Schnittpunkt werden für die Konstruktion der englischen Weiche allseitig empfohlen.

Eine bei der Oesterr. Nordwestbahn für den Kreuzungswinkel 5° 25′ (Neigung 1 : 10,55) gebräuchliche Konstruktion der englischen Weiche stellt schematisch, jedoch mit Angabe einiger Hauptabmessungen, Fig. 179 dar. Zur Umstellung aller 4 Weichen ist bei derselben nur ein einziger Stellapparat vorhanden, dessen Gegengewicht wegen seiner zu bedeutenden Schwere in 2 Theile zerlegt ist, die nacheinander gehoben, aber gemeinsam gesenkt werden.

Untersuchungen aus der neuesten Zeit über Entgleisungen bei deutschen Bahnen haben mehre Fälle konstatirt, in denen die Entgleisungen beim Durchfahren der englischen Weichen mit gebremsten Achsen stattgefunden haben. Man sieht die Ursache hiervon vorzugsweise in der Wahl eines zu geringen Kreuzungswinkels und es hat deshalb z. B. die Braunschweigische Eisenb.-Verw. sich für den, gegen die bisherigen Annahmen vergrösserten Winkel von 8° (Neigung etwa 1 : 7) entschieden, welcher bei Anwendung englischer Weichen in Rangirgleisen sich bewährt hat. Als Ueberhöhung der Zwangschiene neben der Durchkreuzung werden von der genannten Bahn-Verwaltung 50mm empfohlen und englische Weichen, die hiernach eingerichtet sind, zur Anwendung in Hauptgleisen für unbedenklich erklärt, unter Voraussetzung, dass die durchgehenden Züge stets in der geraden Richtung der beiden Gleise geführt werden. Die betr. Normalie der Braunschw. Eisenb. ist in Fig. 180 dargestellt.

Gleisverschlingungen. Wenn 2 Gleise so in einander geschoben werden, dass die auf gleichen Seiten der Axen liegenden Schienenstränge so nahe zusammenrücken, dass nur eine Weite gleich der Spurkranzrillenweite erhalten bleibt, so entsteht eine Gleisverschlingung (Fig. 181). Diese Einrichtung, welche blos 2 Herzstücke erfordert, kommt wohl vor auf Brücken, ferner als pro-

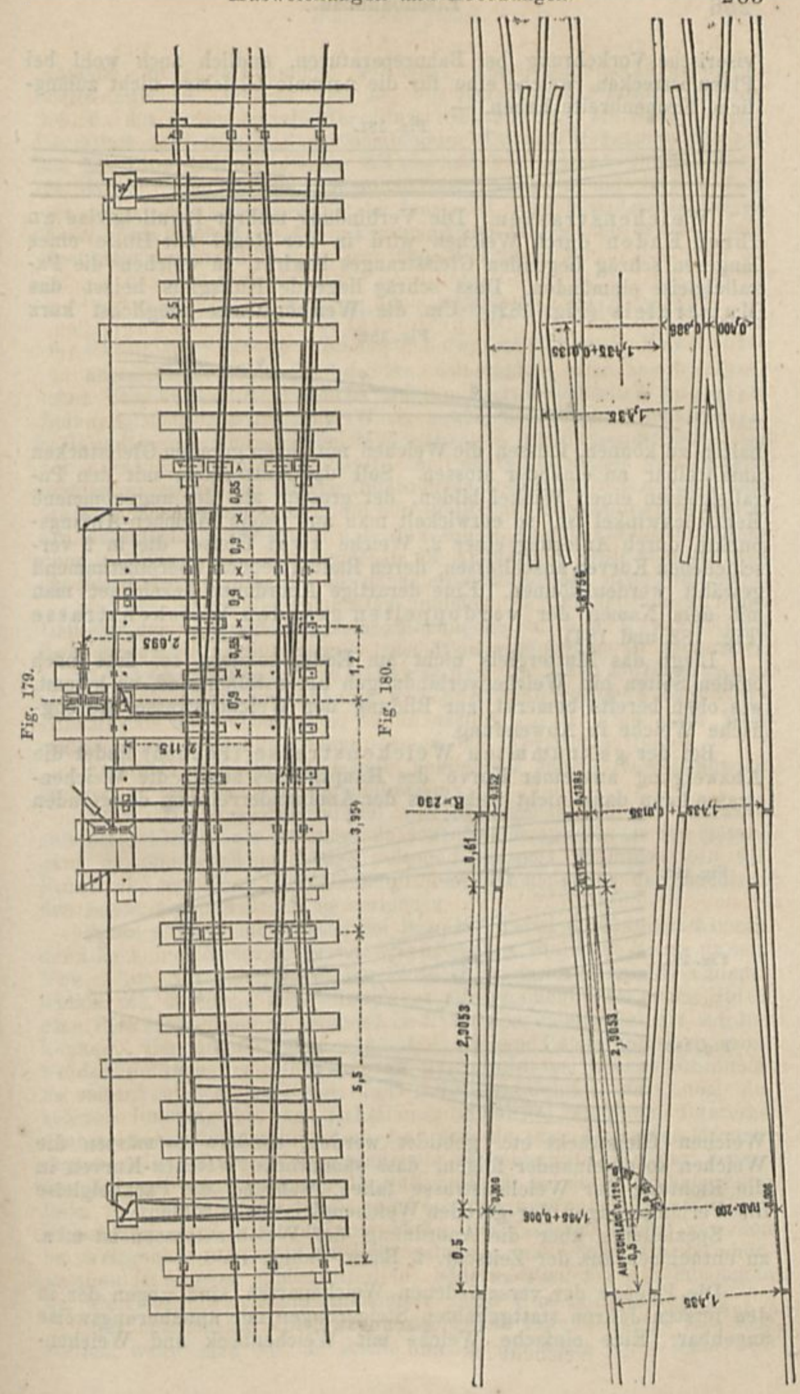
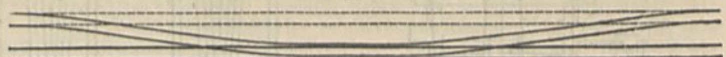


Fig. 179.

Fig. 180.

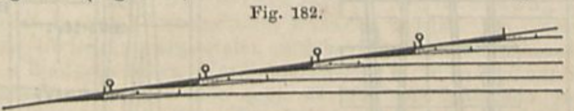
visorische Vorkehrung bei Bahnreparaturen, endlich auch wohl bei Planumstrecken, welche eine für die normale Gleislage nicht zulängliche Kronenbreite haben. —

Fig. 181.



Weichenstrassen. Die Verbindung mehrer Parallelgleise an ihren Enden durch Weichen wird in der Regel mit Hülfe eines längeren schräg liegenden Gleisstranges bewirkt, in welchen die Parallelgleise einmünden. Dass schräg liegende Hülfsgleis heisst das Muttergleis (Fig. 182). Um die Weichenstrasse möglichst kurz

Fig. 182.



halten zu können, müssen die Weichen mit ihren geraden Gleisstücken unmittelbar an einander stossen. Soll das Muttergleis mit den Parallelgleisen einen Winkel bilden, der grösser als der angenommene Herzstückwinkel ist, so entwickelt man aus jedem Weichen-Anfangspunkte durch Anlegung einer 2. Weiche zwei Gleise, die in 2 verschiedenen Kurven anschliessen, deren Radien jedoch übereinstimmend gewählt werden können. Eine derartige Anordnung bezeichnet man mit dem Namen der verdoppelten geraden Weichenstrasse (Fig. 183 und 184).

Liegt das Muttergleis nicht am Ende, sondern so, dass nach beiden Seiten hin Weichenverbindungen herzustellen sind, so kommt, wie oben bereits bemerkt, zur Bildung der Weichenstrasse die englische Weiche in Anwendung.

Bei der gekrümmten Weichenstrasse (Fig. 185) findet die Abzweigung aus einer Kurve des Hauptgleises statt; die Weichenstrasse kann dann nicht mehr aus der Aneinanderreihung der geraden

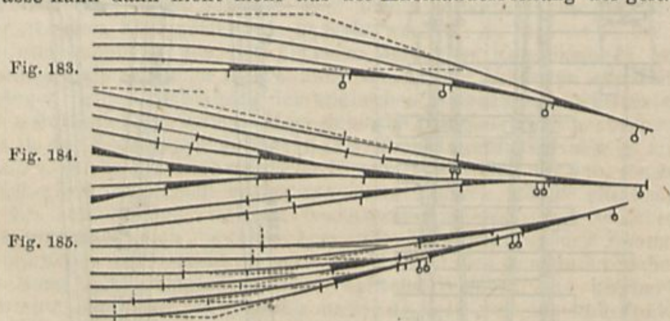


Fig. 183.

Fig. 184.

Fig. 185.

Weichen - Gleisstücke etc. gebildet werden, sondern es müssen die Weichen so aufeinander folgen, dass sämmtliche Weichen-Kurven in die Richtung der Weichenstrasse fallen, während die Parallelgleise die Verlängerungen der geraden Weichengleisstücke bilden.

Spezielleres über die Anordnung der Weichenstrassen ist u. a. zu entnehmen aus der Zeitschr. f. Bauw. Jahrg. 1859. —

Die Preise der verschiedenen Weichenarten sind wegen der in den letzten Jahren stattgehabten Steigerungen nur annäherungsweise angebbar. Eine einfache Weiche mit Weichenbock und Weichen-

schienen, wobei die Zungen aus Guss- oder Puddelstahl bestehen, kostet zwischen 600 und 1050 M., ein Hartguss-Herzstück 150 bis 200 M., ein Bessemerstahl-Herzstück 180—200 M., ein Schalenguss-Herzstück 210—250 M., ein Schalenguss-Doppel-Herzstück 420 bis 480 M., eine halbe englische Weiche mit Puddelstahl-Zungen 3500 bis 3900 M. Die hier angegebenen Preise haben in der letzten Zeit sich meist noch etwas erhöht, so dass z. Z. eine komplete einseitige Weiche bis 1600 M., eine ganze englische Weiche bis 6000 M. und eine halbe englische Weiche bis 4500 M. kosten. —

5. Bauwerke und bauliche Anlagen der freien Bahn.

a. Plan-Uebergänge (Niveau-Uebergänge) mit Zubehör.

Allgemeines. Die Zahl der Plan-Uebergänge wird bei den deutschen Bahnen aus Rücksichten auf die Betriebssicherheit in neuerer Zeit möglichst eingeschränkt. Unter gewissen örtlichen Verhältnissen, z. B. in Kurven, Einschnitten, Waldungen, in städtischen Strassen, wo der Ausblick versperrt ist, sowie bei Ueberschreitungen von Rangir- und Gütergleisen etc. ist die Gefährlichkeit der Plan-Uebergänge eine erhöhte. Bei der vorgängigen Beurtheilung einer solchen unter bestimmten örtlichen Verhältnissen auszuführenden Anlage kommt insbesondere in Betracht, ob bei derselben die Aufstellung eines Wärters und der Bau einer Wohnung für denselben entbehrt werden kann oder nicht.

In den gewöhnlichen Fällen umfasst die Anlage eines Plan-Ueberganges folgende Einzelausführungen: a. die Herstellung der Rampen nebst Anlagen zur Wasserabführung in denselben. b. die Abänderung des Oberbaues an den Uebergangsstellen, c. die Herstellung der Einfriedigungen und Verschluss-Vorrichtungen, d. in vielen Fällen noch den Bau eines Wärterhauses event. einer Wärterhütte (Bude).

Folgende auf Planübergänge bezügliche exakte Bestimmungen der techn. Vereinb. sind voranzustellen:

§ 38. Der Kreuzungswinkel des Uebergangs mit der Bahnaxe soll nicht kleiner als 30° sein. — § 39. Bei Chausseen ist der Uebergang in einer solchen Länge nahezu horizontal zu legen, dass die Fuhrwerke auf einer horizontalen Ebene stehen, bevor die Zugthiere den äusseren Schienenstrang erreichen.

Richtung, Lage und Neigung der Rampen. Erstere soll thunlichst mit der allgemeinen Richtung des überzuführenden Weges zusammenfallen. Von dieser Regel geht man nur dann ab, wenn der Durchkreuzungswinkel mit der Bahn dem Winkel von 90° nahe liegt oder wenn durch eine Richtungsänderung wesentliche Geldersparungen realisirt werden können. Um die bei sehr schräger Lage des Ueberganges zu gross werdende Länge des auf den Bahnkörper fallenden Stückes thunlichst zu reduziren, wird zuweilen das Mittel angewendet, dass man die schräge Führung bis zum Bahndamm beibehält, über den letzteren aber in normaler Richtung fortgeht. Für die eine der beiden Rampen ergiebt sich bei dieser Anordnung ein gebrochener Linienzug, dessen der Bahnaxe am nächsten liegendes Stück in die Dammböschung fällt. Die Einrichtung eignet sich nur für untergeordneten Verkehr (Schubkarren-, Fussgänger- und Viehtreibe-Verkehr), wobei zuweilen so weitgehende Beschränkungen zulässig sind, dass die Rampenanlagen zu blossen Einschnitten in, oder zu geringen Anschüttungen an den Böschungen des Bahndammes bezw. Einschnittes werden.

Mit möglichster Kostenersparniss lassen Planübergänge sich herstellen, wenn man sie an solche Stellen der Bahn legen kann, wo

Damm und Einschnitt zusammentreten. Hierzu werden häufig **Parallelwege** entlang einer, event. auch beiden Bahnseiten hergestellt werden müssen. Die Ueberführung des Parallelweges in die Rampe geschieht dann durch eine Kurve, in den meisten Fällen durch eine Kontrekurve, welche je nach den Höhenverhältnissen des Terrains mehr oder weniger lang werden wird. Zwischen 2 solchen Gegen-

Fig. 186. Fig. 187.

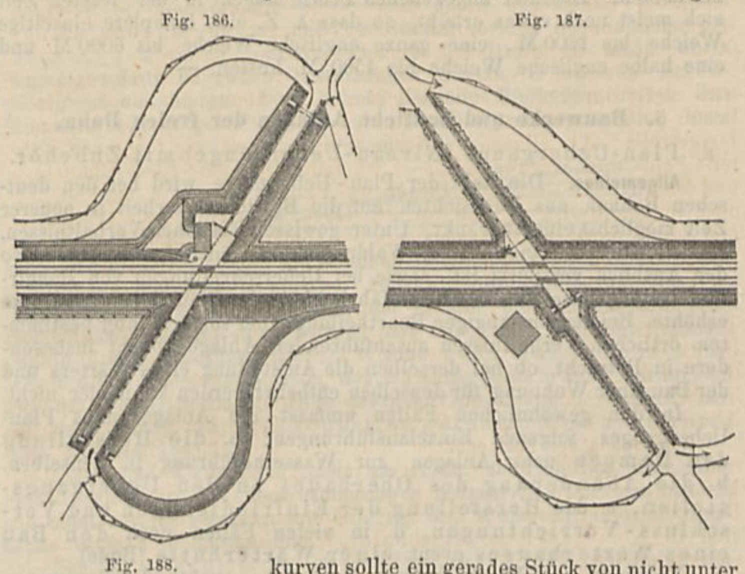


Fig. 188.

kurven sollte ein gerades Stück von nicht unter 10^{m} Länge liegen. Die **Kurven-Radien** bestimmen sich nach der grössten Länge der den Uebergang passirenden Fahrzeuge — mit Bespannung — und nach der Breite der Rampe event. der auf derselben liegenden Steinbahn. Als Minimal-Radius sind für Landwege, abgesehen von ganz speziellen Fällen, 15^{m} anzusehen; unter 30^{m} sollte man jedoch nicht hinabgehen. Vergl. hierzu die in den Skizzen Fig. 186—188 dargestellten Einrichtungen, welche bei der Oldenburger Staatsbahn als Normalien eingeführt sind.

Eingeschnittene Rampen besitzen im Vergleich zu solchen, die als Dämme hergestellt sind, einige Mängel. Sie sind, um die Möglichkeit des rechtzeitigen Anhaltens der Fuhrwerke zu sichern, auf etwa 15^{m} Länge, von der Abschluss-Vorrichtung an gerechnet, horizontal zu legen, werden daher allgemein etwas länger als die Damm-Rampen ausfallen. Ferner sind sie den

Schneeverwehungen ausgesetzt und es kann endlich bei denselben die Wasserabführung in den Seitengräben der Bahn einige Schwierigkeiten verursachen.

Die Neigung der Rampen richtet sich besonders nach der Art des Verkehrs, für welchen dieselben zu dienen haben. Im Flachlande soll bei Chausseen die Neigung nicht über 30‰, bei stark benutzten Landwegen nicht über 50‰ hinausgehen; in bergigen Gegenden können im Nothfall diese Neigungen bis auf bezw. 40 und 60 und sogar bis auf 100‰ vermehrt werden

Die in weiten Grenzen variirende Breite der Planübergänge wird meist durch die Landesbehörde, in Ausübung des landespolizeilichen Aufsichtsrechtes, bezw. durch Vergleich unter den Betheiligten festgestellt. Als allgemeine Normen dienen etwa die folgenden Zahlen: Feld- und Waldwege 3,5—4,5^{m}, Landwege 5,0—6,0^{m}, Chausseen und Viehtriften 6,0—8,0^{m}. Liegen die Planübergänge in Städten etc. oder in unmittelbarer Nähe von denselben, so wird bis zu 12^{m} Breite und selbst darüber hinausgegangen. — Genannte Breiten sind gleichbedeutend mit der Oeffnungsweite der Verschluss-Vorrichtungen, die am Uebergange angeordnet werden. — Sind die Planübergänge mit Rampen auszuführen — Damm- oder Einschnitt — so wird bei der Terrainerwerbung dazu meist ein Streifen von durchgängig gleicher Breite erworben. Die Ausnutzung des Streifens findet dann gewöhnlich in der Weise statt, dass die Rampe an ihrem der Bahn abgekehrten Ende eine um so viel grössere Breite erhält, als durch die Abnahme der Böschungsbreiten nach jenem Ende hin gewonnen wird.

Befestigung der Rampenfläche durch Anlage einer Steinbahn etc. findet nicht gerade in der überwiegenden Anzahl der Fälle statt. Das Erforderniss dazu richtet sich durchaus nach den Steigungs- oder Benutzungs-Verhältnissen des betr. Ueberganges. Ueber Spezialitäten sind die vorangestellten Abschnitte „Wegebau„ und „Strassenbau“ zu vergleichen.

Anlagen zur Wasserabführung. Wenn irgend thunlich, wählt man die Lage der Uebergänge derart, dass Rampenkanäle entbehrlich werden. Sind solche aber nach lokalen Verhältnissen nicht zu umgehen, so liegen sie, in Rücksicht auf die Kosten, bei angeschütteten Rampen meist in der Nähe des Fusses der letzteren am zweckmässigsten. (Vergl. oben Fig. 186 und 188). Im übrigen steht zur Länge der Kanäle auch die Ausführungsweise derselben in einiger Beziehung.

Was diese Ausführungsweise betrifft, so ist als Material zu den Rampenkanälen — gleichwie zu den Durchlässen, die in Parallelwegen anzulegen sind — fast jedes der gewöhnlichen Baumaterialien und eine Mehrzahl von Konstruktionsweisen im Gebrauch.

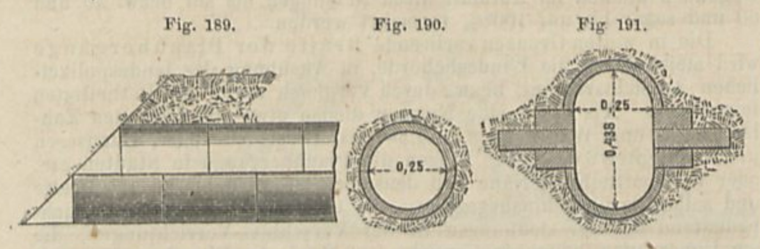
Bei grosser Länge der Kanäle wird man, der Sicherheit gegen Verstopfung wegen, Röhren nicht unter einem gewissen Durchmesser zur Anwendung bringen. 30^{zm} sind etwa als Minimalmaass anzusehen; man wird dasselbe anwenden, wenn die Kanäle nicht über 4^{m} lang sind; bei 8^{m} Länge wird man mit dem Rohrdurchmesser auf das Doppelte und darüber zu gehen haben.

1. Röhren und röhrenförmige Rampenkanäle. a) Röhren aus gebranntem Thon müssen bei mittelguter Qualität eine Wandstärke = $\frac{1}{12}$ des Durchm. erhalten; sie sind, um vor dem Zerbrechen in Folge von Stosswirkungen der darüber verkehrenden Fahrzeuge sicher zu sein, to tief einzusenken, dass die Ueberschüttungshöhe mindestens 1^{m} beträgt; andrentheils sollte letztere auch über 4^{m} nicht hinausgehen. Die Dichtung der Stösse geschieht am besten durch Ein-

drücken und Umhüllen mit plastisch gemachtem Thon. Platten unter den Stössen sind im allgemeinen nicht zweckmässig, dagegen ist die Verlegung auf einer durchgehenden Schicht von Steinschlag, Schotter oder festem Sandboden zu empfehlen. Thonröhren sind jetzt mit der Maximalweite von 0,75m zu erhalten.

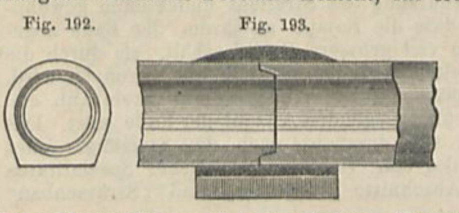
Bei Verwendung von sog. Sielziegeln (Halbzylindern) ist die Röhre der Höhe nach zweitheilig. Fig. 189 — 191 geben Beispiele hierzu, die von der Oldenb. Staatsbahn entnommen sind.

Fig. 189. Fig. 190. Fig 191.



b) Röhren aus Zementguss (Fig. 192, 193) sind in der Qualität höchst ungleich und darum nur mit grosser Vorsicht zu verwenden. Langsam bindender Portland-Zement, ein erdfreier, grobkörniger Sand und Schotter aus Steinen vulkanischen Ursprungs oder gut gebrannten Ziegeln hergestellt, sowie grosse Sorgfalt in der Fabrikation sind die wesentlichsten Voraussetzungen, welchen genügt sein muss, um ein brauchbares Erzeugniss zu erhalten. Passende Mischungsverhältnisse sind: 1 Th. Zement und 4—12 Th. grober Sand (bis Nussgrösse); oder auch 1 Th. Zement, 3 Th. Sand, 5 Th. Schotter; oder — als Grenze — 1 Th. Zement, 6 Th. Sand, 14 Th. Schotter. — Finanziell vortheilhaft kann es zuweilen sein, die Röhren am Ort der Verwendung zu giessen — unter Druck — oder bei grösseren Weiten die erforderlichen Schablonen direkt in der Baugrube aufzustellen; bei solcher Verfahrungsweise ist indess die Aussicht auf gutes Gelingen nur gering. — Ueber die Röhren aus der Fabrik von Dyckerhof u. Widmann in Carlsruhe und Biebrich, welche vortheilhaft bekannt sind, enthält folgende Tabelle einige betr. Angaben.

Fig. 192. Fig. 193.

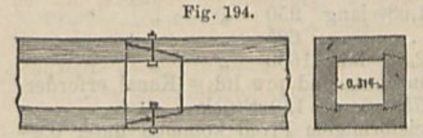


Rohrweite in Zentimetern	24	30	36	40	45	60
Gewicht p. lfd. m Baulänge in Kilogr.	90	132	168	193	218	336
Preis loco Fabrik p. lfd. m Baulänge. M.	4,25	5,90	7,80	9,00	10,25	14,90

c) Asphaltröhren bestehen aus einzelnen Papplagen mit Zwischenlagen aus Asphalt oder Surrogaten des letzteren. Sie kommen selten zur Anwendung, vielleicht weil die Dichtung in den Stössen einige Schwierigkeiten hat, weil die Güte des Fabrikats ungewiss ist und weil über die Dauer unter verschiedenen Verhältnissen noch keine genügenden Erfahrungen vorliegen. Das geringe Gewicht der Asphaltröhren macht dieselben aber für besondere Bodenbeschaffenheit, die grosse Länge der einzelnen Schüsse (bis 3m) für Ausführungen, welche Eile erfordern, zuweilen empfehlenswerth.

d) Röhren aus Holz (Fig. 194) kommen mitunter in waldreichen Gegenden vor; sie sind mit Vortheil nur unter besonderen Verhältnissen anwendbar, wie bei grosser Billigkeit, ferner wenn sie beständig nass liegen, oder bei sehr geringer Tragfähigkeit des Baugrundes, event. auch dann, wenn zur Einlegung des Kanals nur ein Minimum an Zeit disponibel ist. Die Verbindung der einzelnen Schüsse wird mittels Blatt oder Muffenbildung oder auch durch Leisten bewirkt. Unter dem Stosse liegt zweckmässig ein Schwellenstück.

Fig. 194.



e) Gusseiserne Röhren sind kostspielig und kommen daher zu Rampenkanälen nicht häufig zur Anwendung. Die Verbindung der einzelnen Schüsse, welche bis zu 4m Länge hergestellt werden, geschieht allgemein durch Muffen. Die ungefähren Gewichte der Röhren giebt folgende Tabelle an.

Durchmesser	Gewicht pro lfd. m Baulänge	Durchmesser	Gewicht pro lfd. m Baulänge	Durchmesser	Gewicht pro lfd. m Baulänge
25zm	75k	50zm	210k	75zm	370k
30	100	55	235	80	400
35	125	60	260	85	440
40	150	65	290	90	470
45	180	70	330	100	550

Fig. 195.

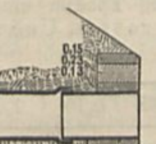
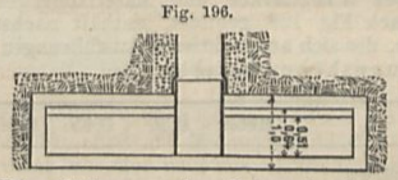


Fig. 196.



Die Stirnen der Röhrendurchlässe sind gegen das Eindringen von Wasser hinter die Röhrenwand besonders sorgfältig zu sichern; wichtig ist diese Sicherung namentlich für das Unterhaupt. Meist wendet man Stirnmauern an, die je nach der Höhe der Rampe nicht unter 2,5—4,0m Länge haben; am Unterhaupt werden dieselben häufig etwas tiefer hinabgeführt als am Oberhaupt; in besonderen Fällen kann für das erstere auch eine Spundwand zweckmässig sein. — Gute Dienste, sowohl gegen Hinterspülung als gegen die Zerdrückung der Röhrendurchlässe leistet eine Umfüllung der Röhren mit plastisch gemachtem Thon (Fig. 195, 196).

Fig. 197.

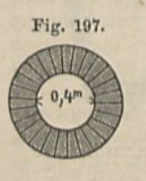
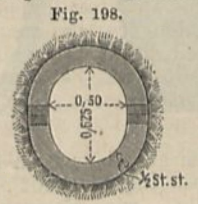


Fig. 198.



f) Röhrenförmige Durchlässe, aus Ziegeln gemauert, sind in Fig. 197 u. 198 in Beispielen, von der Oldenb. Staatsbahn entnommen, dargestellt Die Formen werden mit Beibehaltung der in den Skizzen angegebenen Wandstärke auch noch bei den Lichtweiten von 0,875 zu 0,750 und

1,25 zu 1,00^m verwendet. Für Ziegel des Normalformats (25 . 12 . 6,5^{zm}) ist der Materialbedarf pro lfd. Meter Durchlass:

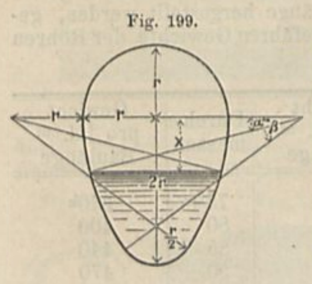
bei 0,875 zu 0,750^m Weite . . . . 225 Stück Ziegel
dazu für jede Stirn, 1,98^m lang 950 „ „
bei 1,25 zu 1,0^m Weite . . . . . . 625 „ „
dazu für jede Stirn, 2,55^m lang 1650 „ „

Bei der Kreisform mit 0,50^m Durchm. sind pro lfd. ^{m} Kanal erforderlich rot. 100 St. Ziegel, bei 0,75^m desgl. 150 Stück.

Gemauerte Kanäle mit kreisförmigem Profil kommen unter 0,4^m Weite selten vor, ebenso wird man bei grösserer Weite als 1,0^m lieber die Eiform, welche für den Wasserabfluss günstiger ist, anwenden.

Für letzteres Profil gelten, mit Bezug auf Fig. 199 folgende Formeln:

Fig. 199.



Inhalt des ganzen Profils: $F = 4{,}594r^2$
Benetzter Umfang: $U = 7{,}930r$
Bei Füllung bis zur Kämpferlinie ist
$F_1 = 3{,}023r^2$ und $U_1 = 4{,}788r$.
Liegt der Wasserspiegel um die Höhe: $x = 3r \tan\alpha$ tiefer als die Kämpferlinie, so ist:

$$F_2 = r^2\left[3{,}023 + 12\sin\alpha - \left(9{,}423\frac{\alpha}{60} + 4{,}5\sin 2\alpha\right)\right]$$

$$U_2 = r\left(4{,}788 - 6{,}282\frac{\alpha}{60}\right).$$

Ueber Wandstärken und Materialmengen von Kanälen mit Eiprofil nach Fig. 199 gebildet, enthält nachstehende Tabelle einige Angaben, die sich auf praktische Ausführungen bei grossen Ueberschüttungshöhen beziehen:

$r =$ Meter	0,30	0,45	0,50	0,65	0,70	1,0
Wandstärke unterhalb d. Kämpfer	½ St.	1 St.	1 St.	1 St.	1½ St.	1½ St.
oberhalb „ „	½ St.	1 St.	½ „	½ „	1½ St.	1½ St.
Anzahl d. erforderlichen Ziegel pro lfd. ^{m} Kanal	140	420	680	865	1100	1530

Fig. 200.

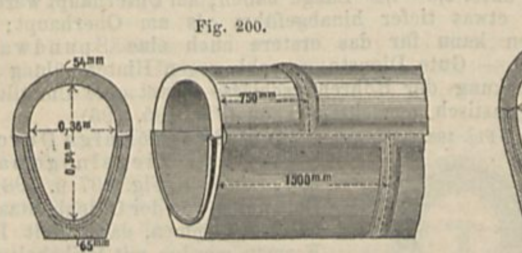
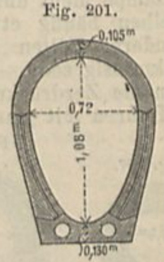


Fig. 201.



Als besondere Arten von Kanälen sind hier noch anzuführen:

g) Kanäle aus Zement-Beton (Fig. 200, 201). Profilweiten, Gewichte und Preise dieser Kanäle, wie sie von der Fabrik

Dyckerhof & Widmann in Carlsruhe und Biebrich hergestellt werden, enthält die folgende Tabelle.

Profil-weite	Gewicht pro lfd. m	Preis pr. lfd. m loco Fabrik	Profil-weite	Gewicht pro lfd. m	Preis pr. lfd. m loco Fabrik
36 zu 54zm	240k	10,20 M.	72—108zm	640k	29,00 M.
48 — 72zm	442k	14,55 „	80—120zm	1080k	32,10 „
60 — 90zm	725k	20,90 „	100—150zm	1600k	43,80 „

Fig. 202.

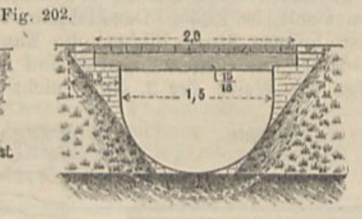


Fig. 203.

Die 2. Art betrifft halb offene Rampenkanäle und Durchlässe in Parallelwegen, wie sie auf der Oldenb. Staatsbahn eingeführt sind (Fig. 202, 203). In gleicher Konstruktionsart und mit derselben Wandstärke, wie in diesen Figuren angegeben, werden auch die aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlichen Profilweiten verwendet, die in der Länge von 3,10m ausgeführt, den folgenden geringen Materialverbrauch erfordern.

Lichtweite	Anzahl der Ziegelsteine	Balkenholz		Belagbohlen 6zm stark
		Stärke		
2,0 zu 1,25m	1270	17,5 zu 20,0zm	0,35 kbm	0,525 kbm
1,25 zu 2,50m	1560	20,0 zu 22,5zm	0,54 kbm	0,630 kbm
1,50 zu 3,00m	1740	20,0 zu 25,0zm	0,70 kbm	0,735 kbm

Plattendurchlässe werden für Profilweiten von 0,5 bis 1,25m, selten für noch grössere Weiten angewendet. Sie bestehen, abgesehen von den Deckplatten, entweder ausschliesslich aus Bruchstein-, Quader- oder Ziegelmauerwerk, oder es findet die eine oder andere Kombination der genannten Materialien statt. Unter den Verhältnissen Nord-Deutschlands wird die billigste Herstellung meist diejenige sein, wobei zu dem Fundamente Bruchstein-, im übrigen Ziegel-Mauerwerk zur Anwendung kommt.

Bei der Hannov. Staatsbahn sind als Normalien für Bahndurchlässe die durch die Skizzen Fig. 204—210 verdeutlichten Konstruktionen eingeführt, die sich in gleicher Weise auch zu Rampenkanälen eignen. Die Konstruktionen basiren auf folgenden Grundsätzen etc.:

Das Fundament besteht aus Bruchsteinen, die Wangen- und Zungenmauern aus Ziegelsteinen; die Kanalsohle wird aus Kopfsteinpflaster, in hydraulischem Mörtel verlegt, gebildet. Die Flügelmauern werden, selbst bei schräger Lage des Kanals, normal zur Axe desselben gestellt; nur wenn die Grösse des Winkels zwischen Bahn- und Kanalaxe 70° überschreitet, ist eine schräge Stellung der Flügel zu wählen. Von 6 zu 6m Länge findet nach der Mitte des Kanals hin eine Verstärkung der Seitenmauern um je ½ St. (12,5zm) statt; gleichzeitig nimmt die Stärke der Deckplatten um je 5zm zu. — Die grösste Weite, welche bei Plattendurchlässen zur Anwendung kommen soll, ist 1,25m. Das kleinste Profil hat 0,6 zu 0,6m Weite; die nächst höhere Stufe bilden die Kanäle von 0,6 zu 1,0m W. (Fig. 204—207). Die Stufen 1 und 2 sind in den Mauerstärken etc. gleich; genügt die Weite der 2. Stufe nicht mehr, so kommt ein Doppel-

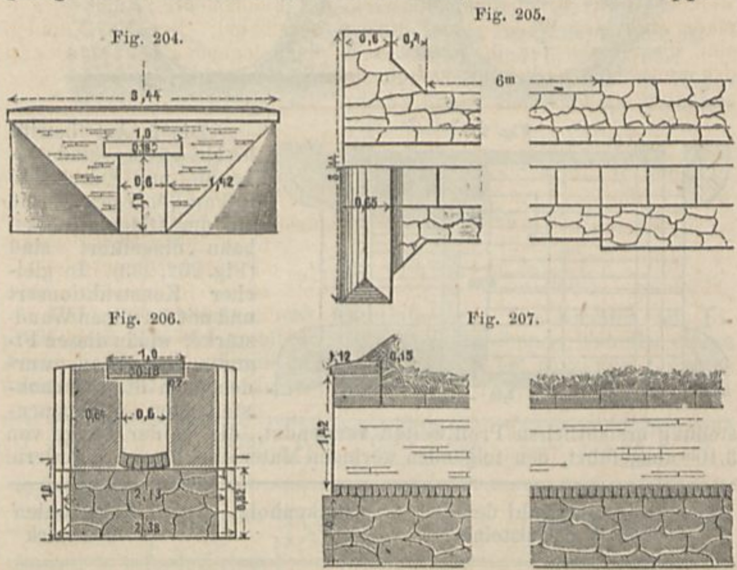


Fig. 204. Fig. 205. Fig. 206. Fig. 207.

Durchlass nach Fig. 208 zur Anwendung; nächstdem folgt die Stufe mit 1,0 zu 1,25m Weite, die ebenfalls zur Bildung eines Doppeldurchlasses benutzt wird (Fig. 209, 210). Die Konstruktion der letzteren ist gegen die der nächst niedrigen Stufe in so weit verändert, als nicht mehr ein durchgehendes Fundament (Herd), sondern ein Einzelfundament für jede Seitenmauer angelegt wird. Die Einzelfundamente werden in Abständen von je 6m durch Herdmauern mit einander verbunden.

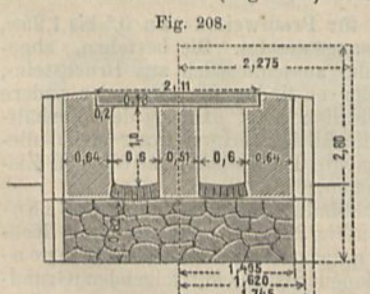
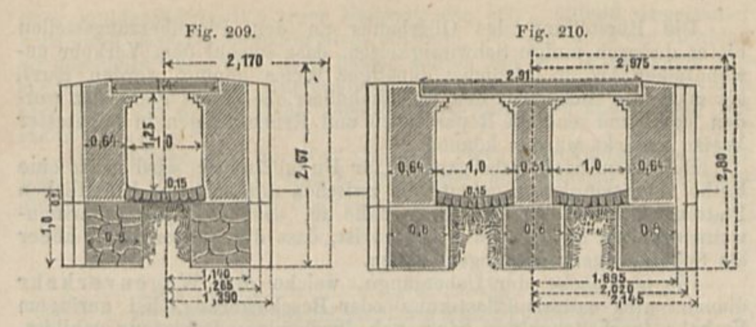


Fig. 208.

Der Material-Bedarf zu den nach vorstehenden Normalien erbauten Plattendurchlässen der Hannov. Staatsbahn ist aus folgender Tabelle ersichtlich, in

Fig. 209. Fig. 210.



welcher *a* das Bruchsteinmauerwerk der Fundamente, *b* das Ziegelmauerwerk der Wangen und Stirnen bezeichnet. Bei No. 5 und 6 sind die Massen der in je 6^{m} Abstand zu legenden Quermauern der Kanalsohle nicht mit eingerechnet.

Lfd. No.	Art und Weite der Platten-Durchlässe	Material	Materialbedarf (in kb^{m}) pro lfd. ^{m} Durchlass bei den Wandstärken von 64^{zm}	77^{zm}	90^{zm}	zu beiden Stirnen (je 1^{m} lang in der Durchlassaxe gerechnet).
1	1 fach 0,6 zu 0,6^{m}	*a* *b*	1,30 0,90	1,50 1,16	1,70 1,41	4,30 4,35
2	2 fach 0,6 zu 0,6^{m}	*a* *b*	2,18 1,38	2,39 1,62	2,60 1,87	6,60 5,55
3	1 fach 0,6 zu 1,0^{m}	*a* *b*	1,50 1,73	1,70 2,08	1,92 2,43	6,00 7,80
4	2 fach 0,6 zu 1,0^{m}	*a* *b*	2,39 2,34	2,60 2,69	2,81 3,04	8,00 11,18
5	1 fach 1,0 zu 1,25^{m}	*a* *b*	1,28 2,05	1,50 2,45	1,70 2,85	6,25 8,60
6	2 fach 1,0 zu 1,25^{m}	*a* *b*	1,92 3,00	1,87 3,60	2,08 4,20	7,50 10,70

Gewölbte Durchlässe kommen als Rampenkanäle nicht häufig vor, wenngleich schon bei 1^{m} Weite die Kosten derselben zuweilen nicht höher sind, als die der Plattendurchlässe. Die Konstruktion derselben wird in der weiterhin folgenden Abtheilung: „Massive Bahndurchlässe“ besprochen. —

Abänderung des Oberbaues an den Plan-Uebergängen. Hierauf beziehen sich die Bestimmungen der techn. Vereinb. (§ 34 u. 35): dass Schutzschienen (Streichschienen) nicht als nothwendig erklärt, sondern nur gestattet werden; ferner (§ 40): dass die Fläche zwischen den Schienen ohne Wölbung gebildet werden soll; endlich (§ 41 u. 42): dass bei normaler Spurweite die Spurkranzrille 67^{mm} breit und mindestens 38^{mm} tief sein und bei vergrösserter Spurweite ersteren Maassen noch das Maass der Erweiterung hinzutreten soll. Die Rille ist so zu konstruiren, dass die Hufe der übergehenden Zugthiere sich darin nicht festklemmen können.

Die Herstellung des Oberbaues an den Planübergangsstellen bietet dadurch einige Schwierigkeiten, dass sowohl dem Verkehr gewöhnlicher Art in möglichst günstiger Weise genügt werden muss, als auch die Sicherheit des Eisenbahnbetriebes nicht gefährdet werden darf und endlich Reparaturen und Erneuerungen in leichtester Weise bewirkt werden können.

Bei frequenten Uebergängen für Fussgänger wird meist eine Reihe von Steinplatten gelegt; die zwischen den Schienen befindlichen Platten schliessen an erstere so nahe an, dass die Spurkranzrillenweite erhalten bleibt. Zu beachten ist, dass die Platten nicht höher als Schienenoberkante liegen dürfen.

Die Oberfläche der Uebergänge, welche dem Wagenverkehr dienen, wird mittels Pflasterung oder Beschotterung, bei geringem Verkehr durch Bebohlung oder auch durch blosse Bekiesung gebildet.

Die in früherer Zeit angewendeten Mittel, zur Bildung der Spurrille eine Schiene von ⊓⊔förmigem Querschnitt, oder auch zwei Schienen gleichen Profils auf einem gemeinsamen Stuhl zu befestigen, kommen neuerdings nur noch selten zur Anwendung, vielmehr bestrebt man sich jetzt, den beabsichtigten Zweck auf einfachere Weise zu erreichen.

Zu den Pflasterungen sind gut bearbeitete Steine von Würfelform, event. auch Klinker zu verwenden. Es erhöht die Verkehrssicherheit, wenn ein Steinmaterial von einiger Rauhigkeit benutzt wird. Je mehr das Material zum Glattwerden neigt, um so mehr muss man die Grösse der einzelnen Steine beschränken. Mit der Breite derselben kann man bis auf 4zm herabgehen, während die Länge ziemlich gleichgültig ist. Eine möglichst tiefe Sandbettung unter den Steinen ist für rasches Verschwinden des Tagewassers und für gute Erhaltung des Pflasters wesentlich. Für geringen Verkehr ist die Einrichtung nach Fig. 211 ausreichend; bei grösserem wird diejenige nach Fig. 212 angewendet.

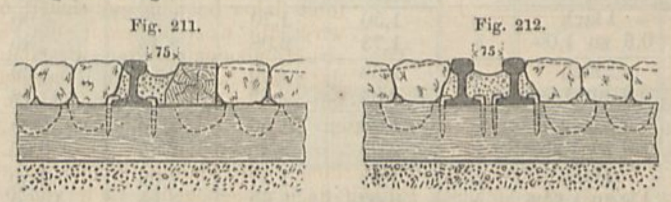


Fig. 211. Fig. 212.

Wenn Makadamisirung oder Bekiesung zur Befestigung des Uebergangs ausgeführt wird, so genügen unter gleichen Voraussetzungen die in Fig. 213 und 214 dargestellten Anordnungen, welche

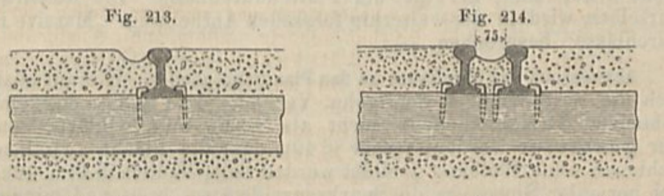


Fig. 213. Fig. 214.

als Normalien bei der Oldenb. Staatsbahn eingeführt sind. Als nicht aus den Figuren ersichtlich ist dazu zu bemerken, dass in der Mittellinie des Ueberganges die Oberfläche der zwischen den Schienen liegenden Befestigung horizontal, nach den beiden Seiten hin aber

flach muldenförmig, mit einer Neigung von 40‰ fallend, angeordnet wird, und dass bei dammförmigen Rampen, von der äusseren Schiene ab gerechnet, der Weg nach beiden Seiten hin bis in die Linie der Grabenkante, wo eine Muldenbildung erfolgt, gleichmässig fällt; von hier ab wird die Neigung nach Lokalverhältnissen anderweitig bestimmt.

Die übliche Art der Bebohlung eines Planüberganges zeigt Fig. 215. Die Bohlen sind 6—8^{zm} stark und werden auf Leisten gelagert, welche auf den Schwellen festgenagelt sind.

Fig. 215.

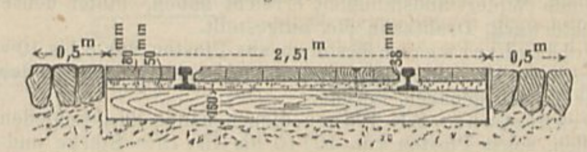
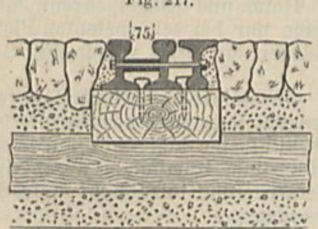


Fig. 216.



Fig. 217.



Etwas komplizirte, aber für rasches Auswechseln der Schienen etc. günstige Bildungen der Spurkranzrillen stellen die Fig. 216 und 217 dar, welche bezw. auf der Altona-Kieler und der Badischen Bahn im Gebrauch sind. Durch die Verwendung einer Langschwelle wird die Bettungstiefe und damit die Haltbarkeit des Pflasters erheblich vermehrt. Bei der Anordnung nach Fig. 217 wird ein sehr dichter Anschluss des Pflasters an die Schienen erreicht; das Betreten der Uebergangsstelle erfolgt daher bequem und sicher, doch wird die Kostspieligkeit der Konstruktion kaum zulassen, dieselbe anderweitig, als bei Plan-Uebergängen mit grosser Frequenz und da, wo das Bedürfniss einer besonders guten Durchbildung die Mehrausgabe rechtfertigt, anzuwenden.

Seitenschienen (Streichschienen) auf Planübergängen erhalten ein kurzes, zum sicheren Einlauf flach umgebogenes Ende von 0,25^{m} Länge, das eine Oeffnung von etwa 100^{mm} Weite am Anfange frei lässt. Stösse der Streichschienen sollen nicht mit den Stössen der Fahrschienen zusammenfallen. —

Einfriedigungen der Plan-Uebergänge und sonstiger Stellen der Bahn. Wenn auch nicht hierher gehörig, sollen, um Wiederholungen zu vermeiden, die Bahn- und Bahnhofs-Einfriedigungen der gewöhnlichsten Art hier gleich mit zur Besprechung gezogen werden.

Das Bahnp.-Reglem. f. d. E. D. enthält folgende hierauf bezüglichen Bestimmungen: § 43. Einfriedigungen müssen da angebracht werden, wo die gewöhnliche Bahnbewachung nicht ausreicht, um Menschen oder Vieh vom Betreten der Bahn abzuhalten. Zwischen der Bahn und Wegen, die unmittelbar neben derselben in gleicher Ebene oder höher liegen, sind Schutzwehren erforderlich. Als solche können, nach näherer Bestimmung der Landespolizei-Behörde, Gräben mit Seitenaufwurf angesehen werden. — § 28. Wenn Wege auf 1,50^{m}

hohen und höheren Rampen die Bahn im Niveau kreuzen, sind an denselben Schutzbarrieren, Hecken etc. nothwendig.

Die techn. Vereinb. erklären als auf Sekundärbahnen anwendbar: § 27. Bei Fahrgeschwindigkeiten von nicht über 15^{Km} pro Stunde sind Bahneinfriedigungen entbehrlich. Bei grösseren Geschwindigkeiten können dieselben auf besonders gefährdete Stellen beschränkt werden. —

Lebendige Hecken aus Holzarten, die der Bodenbeschaffenheit angepasst sind, bilden die beste Einfriedigung. Sie werden auf 1,0—1,5^{m} Höhe herangezogen und es wird bis dahin, dass sie eine genügende Widerstandsfähigkeit erreicht haben, hinter denselben ein Schluchterwerk, Drahtzaun etc. aufgestellt.

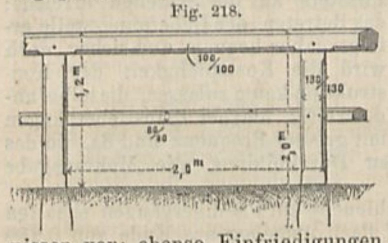
Schluchterwerke bestehen aus Pfosten von 8 bis 10^{zm} Stärke, die in Abständen von 2—3^{m} gesetzt und gegen welche 2 oder 3 horizontale Latten genagelt werden.

Drahtzäune. Als Pfosten dienen häufig ausgeschiedene Bahnschwellen, sonst Pfosten von 10 : 10 bis 13 : 13^{zm} Stärke und 1,25 bis 1,5^{m} Höhe. Stärke des Drahts 3 — 4 — 5^{mm}, im Gewicht von bezw. 0,060, 0,100 und 0,150^{k} pro lfd. Meter.

Netzzäune werden theils mit sehr weiter Stellung der Pfosten (8—10^{m}), theils mit enger (3—4^{m}) hergestellt. Die Pfosten sind etwa 8 : 8^{zm} stark; die etwa 2 : 2^{zm} starken Netzstäbe, welche sich rechtwinklich überkreuzen, bilden Maschen von 15—30^{zm} Weite und endigen 10 — 15^{zm} hoch über dem Terrain. An den Ueberkreuzungen werden die Stäbe mit Draht gebunden oder genagelt; 2 horizontal geführte Drähte stellen einen durchgehenden Verband her.

Schutzgeländer, aus Pfosten, Holm und Riegel, event. nur aus Pfosten und Holm bestehend, kommen nur bei sehr belebten Plan-Uebergängen zur Anwendung; Holzstärken etc. etwa wie in Fig. 218 angegeben.

Fig. 218.



In steinreichen Gegenden verwendet man statt der Holzpfosten wohl Pfosten aus Stein, an welche Holm und Gurthölzer durch Einsetzen von Holzdübeln befestigt werden.

Steinerne Pfosten mit 2 Horizontalstäben aus Eisen kommen, ihrer Kostspieligkeit wegen, nur unter besonderen lokalen Verhältnissen vor; ebenso Einfriedigungen, die ganz aus Eisen bestehen. —

Einfriedigungen von Bahnhöfen werden je nach ihrer Belegenheit und je nach der Art des Bahnhofs in sehr verschiedener Weise, im allgemeinen aber wehrhafter als die Einfriedigungen an freier Bahn hergestellt.

Bei Güter-, Kohlen- und Werkstätten-Bahnhöfen werden häufig Mauern aus Ziegelsteinen, etwa 3^{m} hoch, in den Füllungen 1 St., in den Pfeilern (welche 3—4^{m} weit stehen) 2 St. stark, angewendet; ferner eiserne Einfriedigungen mit 1,8—2,5^{m} hohen eisernen oder steinernen Pfeilern auf massiven Sockeln. Stellung und Ausbildung der Stäbe etc. richten sich, ausser nach der erforderlichen Dichtheit des Abschlusses, zumeist nach ästhetischen Rücksichten und es wechseln deshalb, je nach dem Grade des Vorwaltens der letzteren, die Kosten eiserner Einfriedigungen innerhalb sehr weiter Grenzen.

Schluchterwerke. Zwei ziemlich schwere Arten stellen die Fig. 219 und 220 dar. Häufig kommen 4 Latten der Höhe nach zur

Anwendung, und es wird dann die Konstruktion etwas leichter, als in den Figuren angegeben, gehalten.

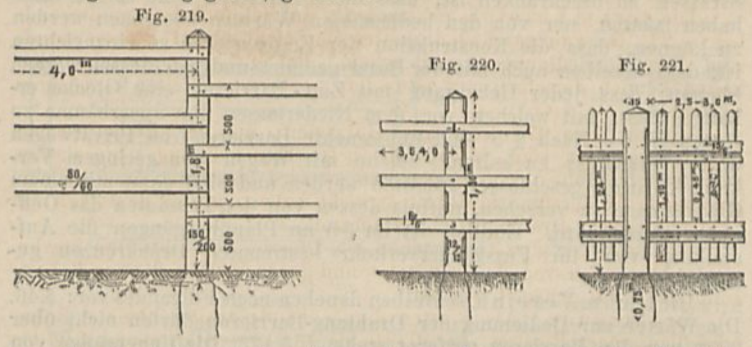


Fig. 219. Fig. 220. Fig. 221.

Stacketzäune mit weiter und enger Lattung, leicht und kräftig gestaltet, sind in den Fig. 221 u. 222 dargestellt; in Fig. 221 bilden die Riegel zweiseitige Gurthölzer, in Fig. 222 sind nur einseitige Riegel vorhanden.

Netzzäune werden meist mit 2 seitigen Gurtungen ausgeführt; die Pfostenstärke muss dabei auf etwa 15 : 18zm gebracht werden; die Lattenstärke ist etwa 4 : 7zm, die Maschenweite 10—15zm.

Bretterzäune (Planken) kommen, des besseren Aussehens wegen, fast nur mit vertikaler Stellung der Bretter vor. Einige Arten davon geben die Fig. 223 u. 224 an. Bei der grossen Angriffs-

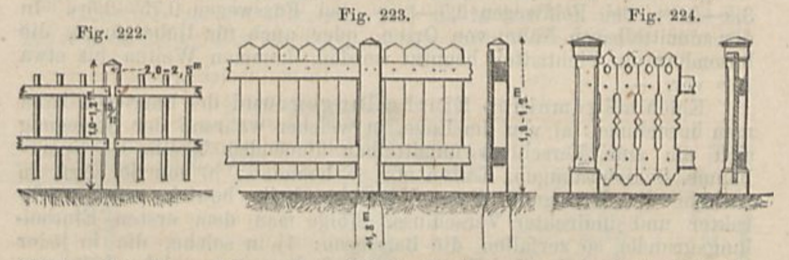


Fig. 222. Fig. 223. Fig. 224.

fläche, die diese Zäune dem Winde bieten, ist es erforderlich, die Pfostenweite geringer als bei lichten Zäunen zu halten, auch den Fuss der Pfosten besser zu sichern. Pfostenstärke kaum weniger als 15 : 20zm, Riegelstärke 10 : 7zm, Brettstärke 2 — 2,5zm, Brettbreite 12 bis 20zm. —

Verschlussvorrichtungen an den Plan-Uebergängen. Dieselben kommen mit grosser Mannichfaltigkeit der Einrichtung vor. Es bestehen darüber folgende Bestimmungen:

§ 4 Alin. 3 des Bahnp.-R. f. d. E. D. v. 4. Januar 1875:

„Die Uebergänge etc. sind mit starken, leicht sichtbaren Barrieren in angemessener Entfernung von der Mitte des nächsten Bahngleises zu versehen.“ Alin. 4 und im § 2 a. a. O. wird ferner bestimmt, dass bei geöffneten Barriere-Flügeln mindestens das Normalprofil des lichten Raumes (S. 205) frei gehalten sein muss und dass über Dispensationen hiervon — die z. B. für Bahngleise, welche nicht von durchgehenden Zügen befahren werden, zulässig sind — der Bundesrath des deutschen Reiches entscheidet. Alin. 5 und 6 a. a. O. schreiben

vor, dass die Anlage von Zugbarrieren auf wenig frequentirte Strassen zu beschränken ist, dass diese Barrieren eine solche Lage haben müssen, um von den bedienenden Wärtern übersehen werden zu können, dass die Konstruktion der Zugbarrieren so einzurichten ist, dass dieselben auch mit der Hand geöffnet und geschlossen werden können; dass jeder Uebergang mit Zug-Barrieren eine Glocke erhalten muss, mit welcher vor dem Niederlassen der Sperrbäume zu läuten ist. — Nach § 5 sind unbewachte Barrieren von Privatwegen unter Verschluss zu halten. Solche mit Wegen von geringem Verkehr können geschlossen gehalten werden und sind dann mit einem Glockenzuge zu versehen, mittels dessen von den Passanten das Oeffnen verlangt wird. Endlich ist im § 5 an Planübergängen die Aufstellung von für Fussgängerverkehr bestimmten Drehkreuzen gestattet.

Die techn. Vereinb. schreiben daneben noch Folgendes vor: § 46. Die Wärter zur Bedienung der Drahtzug-Barrieren dürfen nicht über 600^{m} von den Barrieren entfernt stehen. § 173. Die Uebergänge von Chausseen und stark befahrenen Kommunalwegen sollen beim Passiren der Züge im Dunkeln beleuchtet sein, wozu die Handlaterne des Wächters als genügend erachtet wird. —

Allgemeiner Grundsatz für die Konstruktion etc. der Barrieren ist, dass dieselben dauerhaft und so konstruirt werden, dass sie möglichst leicht bewegbar sind. Bei schräger Lage der Uebergänge empfiehlt es sich, die Barrieren mit normaler Richtung zur Axe des Ueberganges aufzustellen.

Gebräuchliche Oeffnungsweiten der Barrieren sind: für Hauptstrassen 5,0—8,0^{m}, bei weniger frequenten Strassen und Wegen 3,5—5,0^{m}, bei Feldwegen 2,5—3,5^{m}, bei Fusswegen 0,75—2,5^{m}. In der unmittelbaren Nähe von Orten, oder auch für Uebergänge, die besonders als Viehtriften benutzt werden, kommen Weiten bis etwa 15^{m} vor. —

Einen allgemeinen Eintheilungsgrund der Barrieren kann man hernehmen: a) von der Lage, in welcher während der Bewegung sich die zum Verschluss unmittelbar dienenden Theile — Sperrbäume, Schiebestangen, Ketten etc. — befinden; b) von der Art, in welcher die Bewegung dieser Verschlusstheile bewirkt wird — direkter und indirekter Verschluss. Folgt man dem ersten Eintheilungsgrunde, so zerfallen die Barrieren: 1) in solche, die in jeder Lage in einerlei Vertikal-Ebene sich befinden; 2) in solche, bei denen die Lage in der Vertikal-Ebene wechselt.

Zu der Abth. 1 gehören die Schiebebarrieren, Rollbarrieren, Kettenbarrieren, Schlagbaum-Barrieren; zu der Abth. 2 nur die Drehbarrieren.

Den Schiebe- und Roll-Barrieren sind folgende Uebelstände gemeinsam: a) dass in der Verlängerung des Abschlusses ein Terrainstreifen von gleicher Länge mit der Weite der Barriere für die Anlage nothwendig ist; b) dass das Oeffnen und Schliessen dieser Barrieren verhältnissmässig lange Zeit erfordert und der Wärter dazu die Gleise überschreiten muss; c) dass letzterer in nächster Nähe der Barriere zu postiren ist; d) dass bei stattfindendem Gedränge vor der Barriere die Handhabung derselben schwierig sein kann. Den Schiebe-Barrieren speziell ist der Vorwurf zu machen, dass sie kaum gut im Anstrich zu erhalten und daher schlecht sichtbar sind.

Fig. 225 zeigt eine Schiebebarriere einfachster Art, wie dieselbe bis 7^{m} Weite auf der Oldenb. Staatsbahn im Gebrauch ist. Anstatt der dort verwendeten offenen Führung der Stange kommt häufig die

geschlossene Führung (Fig. 226) zur Anwendung; ebenso auch die Führung in seitlichen Bügeln.

Fig. 225.

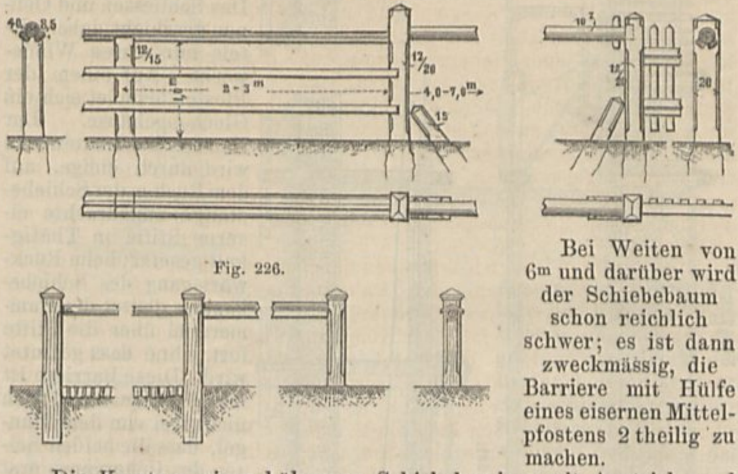


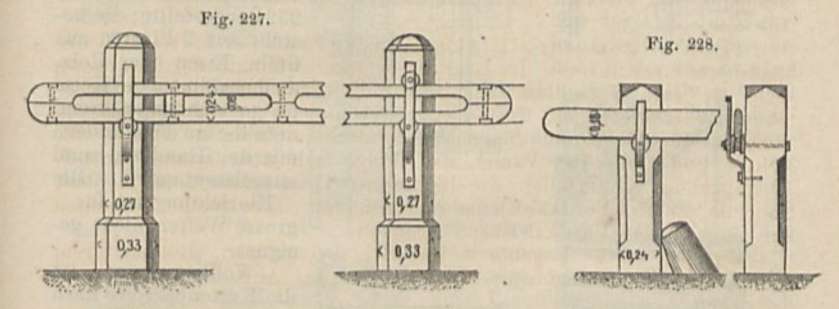
Fig. 226.

Bei Weiten von 6m und darüber wird der Schiebebaum schon reichlich schwer; es ist dann zweckmässig, die Barriere mit Hülfe eines eisernen Mittelpfostens 2 theilig zu machen.

Die Kosten einer hölzernen Schiebebarriere mit Anstrich und Aufstellen betragen im Mittel bei 5m Weite 25—30 M. Kommen bei der Weite von 6m eiserne Pfosten und Lagerrinnen aus Blech zur Anwenduug, so sind die Kosten etwa ebenso hoch wie vor.

Günstiger als die skizzirten sind die in den Fig. 227 u. 228 angegebenen beiden Einrichtungen, welche sowohl den Schiebe als auch

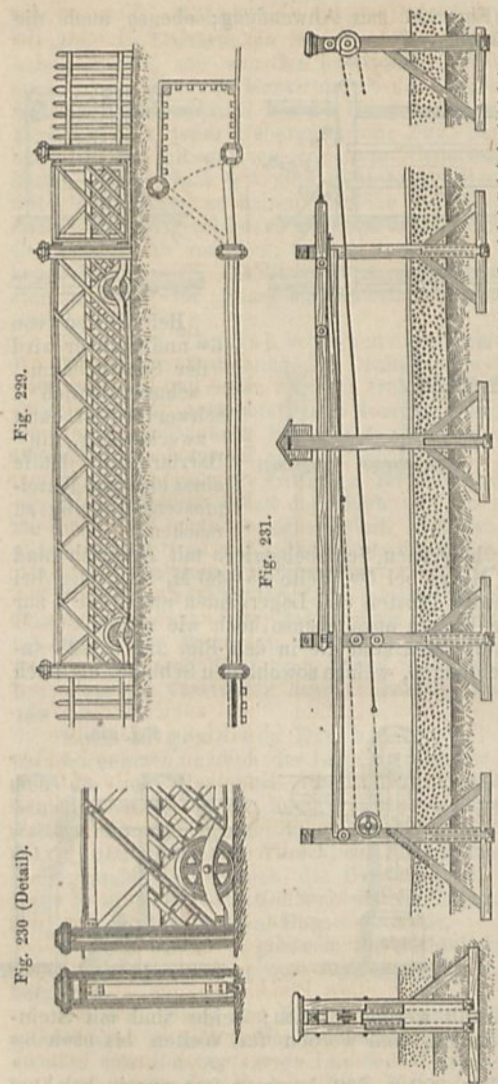
Fig. 227. Fig. 228.



den Rollbarrieren zugezählt werden können; beide sind mit Steinpfosten ausgeführt zu denken und werden für Weiten bis etwa 8m angewendet.

Rollbarrieren (Fig. 229 u. 230) kommen fast nur in belebten Ortschaften oder in unmittelbarer Nähe derselben, oder auch bei besonderen Verkehrsarten — Treiben mit Kleinvieh etc. — zur Anwendung. Die Ausführung solcher Barrieren in Holz ist kostspielig, Eisenkonstruktion daher unbedingt vorzuziehen. Als Laufschiene dient eine Bahnschiene, oder, weniger gut, eine in einer Quaderreihe ausgearbeitete Spurrille.

Eiserne Rollbarrieren aus Gitterwerk kommen ein- und 2 flügelig, in letzterem Falle bis etwa 12m Weite vor; sie haben folgende Gewichte: Bei 4,5m Weite 300k; 6m W. 350k; 7,5m W. 400k; 8,5m W. 500k.



Eine Rollbarriere mit indirektem Verschluss zeigt Fig. 231. Das Schliessen und Oeffnen geschieht dabei mittels nur eines Windewerks. Auf einem der Pfosten befindet sich ein Glockengehäuse. Der Hammer des Läutewerks wird durch einige, auf dem Rücken der Schiebestange angebrachte eiserne Stifte in Thätigkeit gesetzt; beim Rückwärtsgang des Schiebebaumes gleitet der Hammerstiel über die Stifte fort, ohne dass geläutet wird. Diese Barriere ist ziemlich theuer und auch nicht frei von dem Mangel, dass die beiden Seiten des Uebergangs erst nach einander, anstatt gleichzeitig geschlossen werden können.

Kettenbarrieren. Die einfachste Art derselben ist die in Fig. 232 dargestellte; sie besteht aus 2 Pfosten aus Stein, Eisen oder Holz, an deren einem die Kette festgemacht ist, während dieselbe an dem andern mit der Hand ein- und ausgehängt wird. Die Einrichtung ist für grosse Weiten nicht geeignet.

Vollkommener ist die Kettenbarriere nach Reder'scher Konstruktion (Fig. 233). Von den beiden Gegengewichten ist das dem Rollenpfahl zunächst befindliche schwer genug, um die Widerstände der zur Windetrommel führenden Drahtleitung zu überwinden. Der nahe dem Rollenpfahl stehende 3. Pfahl bildet einen Doppelpfosten mit oben durch Riegel geschlossenem Schlitz, durch den die Kette geführt ist. Letztere liegt bei geöffneter Barriere in der breiten Nuth einer versenkten Bohle. Eingeschlossene Fuhrwerke können durch Abheben der Ketten sich befreien. Der bevorstehende Schluss der Barriere wird von dem Wärter durch Läuten angekündigt. Stärke

des Ketteneisens 9mm, Gewicht pro lfd. m Kette 2,5k. Vorzüge der Einrichtung sind: fast unbegrenzte Weite der Barriere, leichte Be-

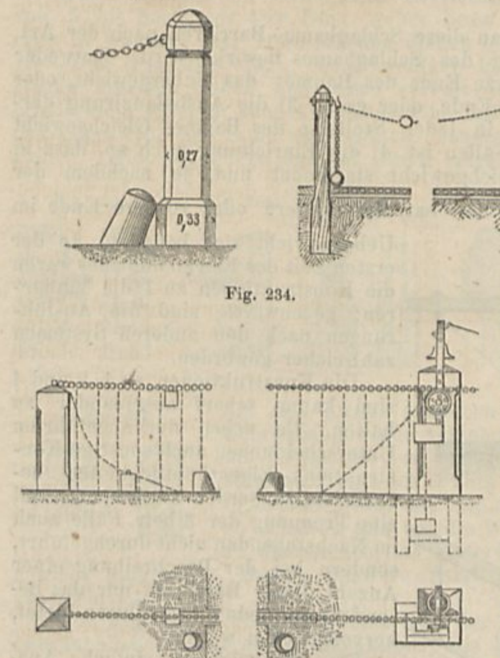


Fig. 232. Fig. 233. Fig. 234.

dienung und geringe Anlage- und Unterhaltungs-Kosten; Nachtheile dagegen: Schmutzen der Ketten beim Liegen im Strassenpflaster, geringe Erkennbarkeit des jeweiligen Zustandes der Barriere und die Unmöglichkeit, an der Kette zur Nachtzeit eine Signallaterne aufhängen zu können.

Die Sichtbarkeit der Barriere ist gebessert und zugleich die Wehrhaftigkeit derselben erhöht in der von Basler angegebenen Konstruktion (Fig. 235). Die Hauptkette fällt mit den daran gehängten kurzen Strängen in eine mit Schienen eingefassten Pflasternuth (Fig 235). Als spezieller Mangel dieser Konstruktion ist die leichte Möglichkeit des Einfrierens der Kette in der tiefen Pflasternuth zu bezeichnen. —

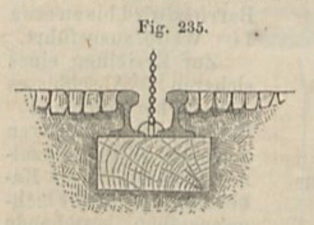


Fig. 235.

Schlagbaumbarrieren. Sie haben bei guter Konstruktion vor den Barrieren anderer Art folgende allgemeine Vorzüge voraus: Beide Barrieren eines Planüberganges können von einem Punkte aus bewegt werden, der nicht einmal nothwendig in der nächsten Nähe des Uebergangs zu liegen braucht. Die Zeitdauer der Sperrung ist kurz und bequemt sich der Art des Verkehrs insofern an, als für Fussverkehr die Zeit zum Passiren grösser als für Wagenverkehr ist. Die jeweilige Stellung der Barriere ist leicht erkennbar, sowohl bei Tage als in der Dunkelheit, event. kann dieselbe durch einfache, automatisch bewegte Signale sowohl für den auf dem Uebergange sich nahenden Verkehr als für den Bahnverkehr kenntlich gemacht werden. Endlich sind Schlagbaum-Barrieren wenig raumeinnehmend und ihre Bedienung, weil für mehre derselben nur ein Wärter erfordert wird, ist weniger kostspielig,

als diejenige der meisten anderen Systeme. — Diesen Vorzügen können als Mängel gegenüber gestellt werden: a) etwas hohe Anlagekosten, b) mögliche Gefährdung der Passanten durch den herabgehenden Schlagbaum.

Eintheilen kann man diese Schlagbaum-Barrieren nach der Art, wie die Ausbalanzirung des Schlagbaums bewirkt wird. Entweder hat 1) das hintere, kurze Ende des Baumes das Uebergewicht, oder 2) das vordere, längere Ende, oder es ist 3) die Ausbalanzirung derart eingerichtet, dass in jeder Stellung des Baumes Gleichgewicht stattfindet. In vielen Fällen ist 4) die Einrichtung auch so, dass in der Mittelstellung Gleichgewicht stattfindet und, je nachdem der Baum eine Neigung $\gtrless 45^0$ hat, das hintere oder vordere Ende im Uebergewicht sich befindet. In der ersten Zeit des Eisenbahnbaues waren die Konstruktionen zu 1 die häufigeren; gegenwärtig sind die Ausführungen nach den anderen Systemen zahlreicher geworden.

Fig. 236.

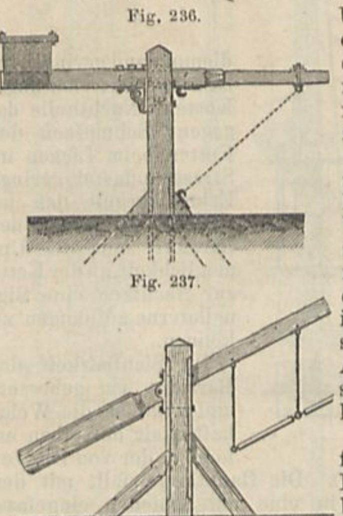
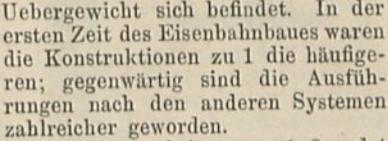


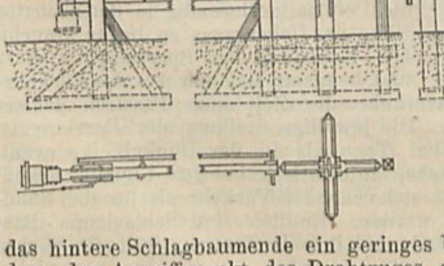
Fig. 237.



Die Konstruktionen zu 1, 2 und 4 sind kaum scharf auseinander zu halten. Da neben den angeführten Unterscheidungen auch sonstige Konstruktions-Eigenthümlichkeiten berücksichtigt werden müssen, so soll eine Trennung der 3 betr. Fälle auch im Nachstehenden nicht durchgeführt, sondern bei der Beschreibung einer Anzahl dieser Barrieren nur das Besondere was jede Konstruktion bietet, hervorgehoben werden.

Fig. 236 zeigt die einfache Ausführung einer direkt zu bewegenden Barriere, bei der das **hintere** Schlagbaumende das Uebergewicht hat. Die Kosten der Beschlagtheile excl. der losen Belastungsstücke stellen sich auf 54 M. Die Barriere wird bis zu etwa 14m Weite ausgeführt.

Fig. 238.



Zur Erzielung eines sicheren Abschlusses wird bei einfachen Schlagbaum-Barrieren zuweilen mittels einzelner Drahtenden ein Kabel oder eine aus Flacheisenstäben bestehende Kette an dem Baume aufgehängt (Fig. 237). Noch besser wird der angegebene Zweck durch die Konstruktion nach Fig. 238 erfüllt, bei der das hintere Schlagbaumende ein geringes Uebergewicht hat. Dadurch, dass der Angriffspunkt des Drahtzuges an das Ende eines auf die

Drehachse gesteckten langen Hebels verlegt ist, wird die Gleichmässigkeit der Bewegung beim Niedergehen des Schlagbaumes befördert.

Die Drahtzüge der Schlagbaum-Barrieren bestehen aus Drähten von 3 bis höchstens 4mm Dm., wobei bezw. 13 und 8 lfd. m Draht etwa 1k wiegen. Zur Drahtführung dienen meist Rollen von 5 bis 10zm Dm. (Fig. 239—242), etwas weniger kostspielig auch Oesen. Häufig kommen Rollen und Oesen vereint zur Anwendung und es erhält dann jeder 3. oder 4. Pfosten eine Rolle. Um das Abspringen des Zuges von der Rolle zu verhüten, benutzt man vielfach Kontre-Rollen. Eine besondere Art der Oesen zeigt Fig. 243, bei welcher,

Fig. 239. Fig. 240. Fig. 241. Fig. 242.

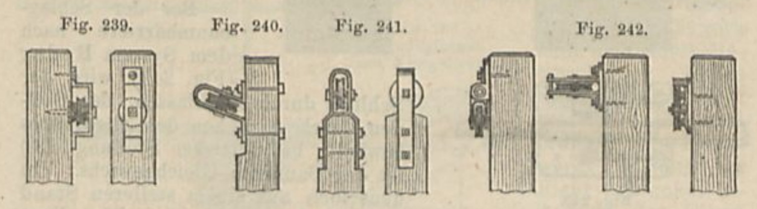
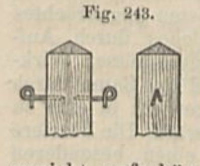


Fig. 243.



um den Draht ausheben zu können, der mit Schraubengewinde versehene Schaft der Oese nur um 90° gedreht zu werden braucht. Die Unterstützungsweite des Drahts ist etwa 10—15m. Fast immer wird, um den Zug in gespanntem Zustande zu erhalten und um die Widerstände der Leitung zu überwinden, am hinteren Ende ein Belastungsgewicht aufgehängt, dessen Schwere durch praktische Versuche zu ermitteln ist.

Die Fig. 244—246 zeigen eine bei der Sächsischen Staatsbahn gebräuchliche Barrieren-Konstruktion. Die Verbindung der beiderseitigen Schlagbäume wird durch ein Hebelwerk nebst steifem Gestänge bewirkt. Das hintere Ende des Schlagbaumes besteht aus einem hohlen Gusskörper, der denjenigen Gewichtszuschlag aufnimmt, der erforderlich ist, damit der Baum, sich selbst überlassen, langsam steigt. Der Preis für 1 Barriere beträgt etwa 210 M.

Fig. 245. Fig. 244. Fig. 246.

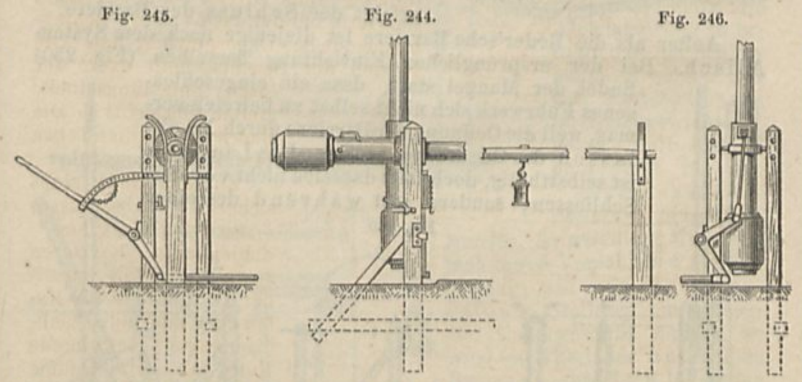


Fig. 247 u. 248 geben eine Handbarriere an, bei der vorwiegend Eisen zur Verwendung gekommen ist. Die Verbindung der beiderseitigen Barrieren erfolgt hierbei durch eine Kette ohne Ende.

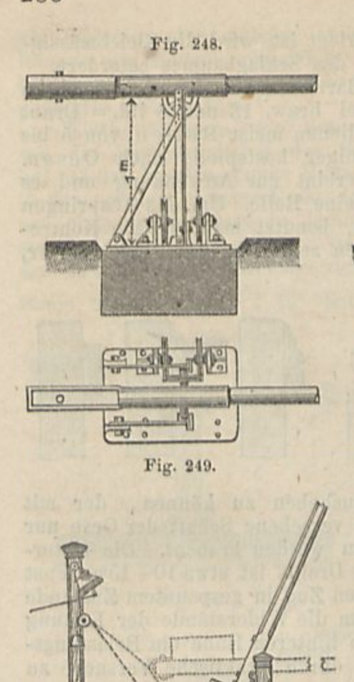


Fig. 248.

Fig. 249.



Fig. 247.

Um gleiche Drehungsrichtung beider Barrieren zu erzeugen, muss die Kette gekreuzt werden; liegt der Uebergang schräg, so sind zum guten Auflauf zwei Führungsrollen erforderlich.

Bei der Schlagbaumbarriere nach dem System Reder (Fig. 249) wird der Schluss durch Nachlassen, das Oeffnen durch Anziehen des Zugdrahtes bewirkt; bei mittlerer Stellung (45°) ist der Baum im Gleichgewicht. Um denselben aus einem steileren Stand zum Niedergang zu bringen, dient ein am Glockenpfosten angebrachtes Gegengewicht, welches durch Aufsetzen auf eine Stütze ausser Wirksamkeit tritt, sobald der Baum durch das vordere Uebergewicht in eine zu rasche Bewegung geräth. Die Barriere hat zum Läuten einen besonderen Drahtzug, daher das Läutewerk nicht selbstthätig ist. — Eingeschlossenes Fuhrwerk vermag durch Heben des Schlagbaumes sich leicht zu befreien; bei etwaigem Reissen des Drahtzuges erfolgt der Schluss der Barriere.

Aelter als die Reder'sche Barriere ist diejenige nach dem System Alisch. Bei der ursprünglichen Einrichtung derselben (Fig. 250) findet der Mangel statt, dass ein eingeschlossenes Fuhrwerk sich nicht selbst zu befreien vermag, weil die Oeffnung der Barriere durch Nachlassen des Zugdrahtes erfolgt. Das Läutewerk ist selbstthätig, doch tritt dasselbe nicht vor dem Schliessen, sondern erst während desselben

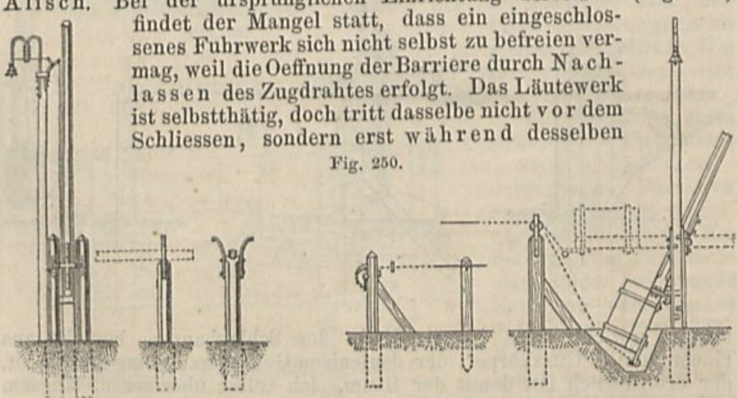


Fig. 250.

in Wirksamkeit. — Diesen Mängeln ist durch die von Saller angegebenen Konstruktions-Abänderungen abgeholfen worden (Fig. 251). Dabei greift der Zug nicht am Schlagbaumende an, sondern derselbe wird über eine gezahnte Rolle geführt und wirkt auf ein Gegen-

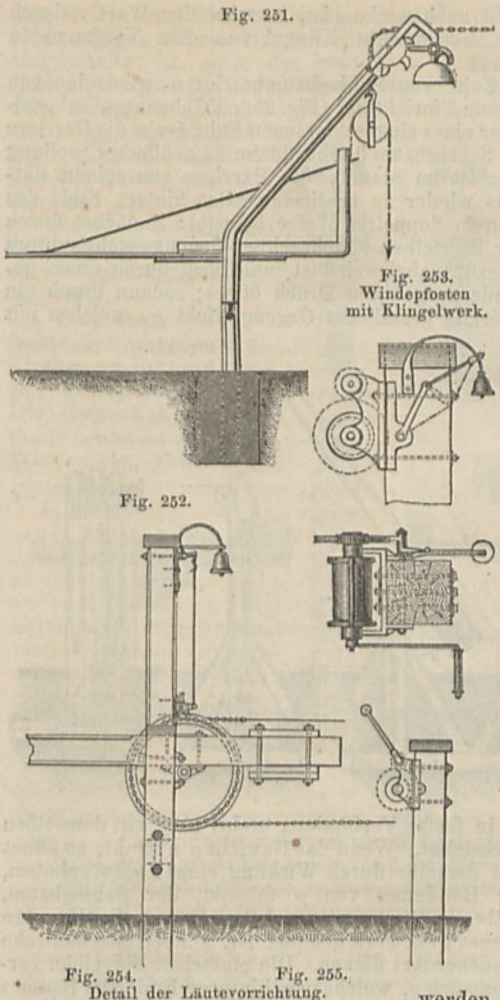


Fig. 251.

Fig. 252.

Fig. 253. Windepfosten mit Klingelwerk.

Fig. 254. Fig. 255. Detail der Läutevorrichtung.

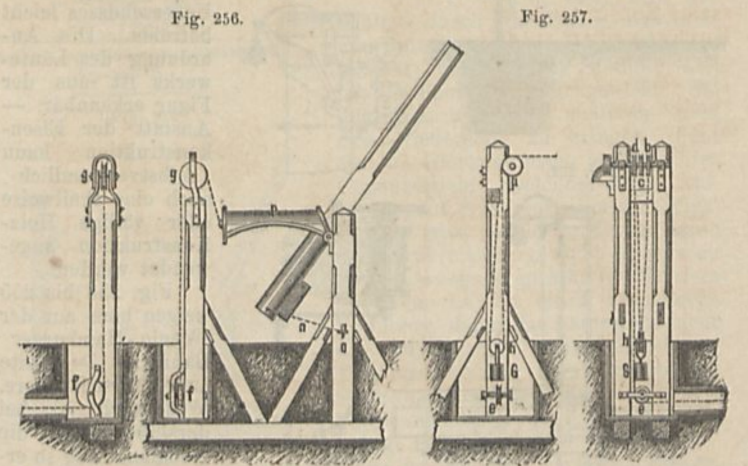
gewicht, welches das hintere Ende des Schlagbaumes belastet. Das Gegengewicht ist genügend schwer, um den Schlagbaum mit einem geringen Gewichts-Ueberschuss geschlossen zu halten; ein eingesperrtes Fuhrwerk kann sich durch Ueberwindung dieses Ueberschusses leicht befreien. Die Anordnung des Läutewerks ist aus der Figur erkennbar. — Anstatt der Eisenkonstruktion kann selbstverständlich auch eine theilweise oder völlige Holz-Konstruktion angewendet werden.

Fig. 253 bis 255 zeigen eine auf der Venlo-Hamburger Bahn bis 7^{m} Weite ausgeführte Barriere. Wesentlich ist bei derselben, dass die Abbalanzirung so erfolgt, dass der Schlagbaum in seinen beiden End-Stellungen im Gleichgewicht verharrt. Soll ein Uebergewicht für die geschlossene Stellung hergestellt werden, so geschieht dies einfach durch Verschieben der Belastung; will man für die geöffnete Stellung ein grösseres Uebergewicht haben, so wird ein Theil der unter dem Baume angebrachten Belastung auf die obere Seite desselben gelegt. Die Kette um die Rolle am Baum ist 66^{mm} stark und hat 6,6^{m} Länge; dieselbe wird mit einer Windung um die Rolle geschlungen und mit Haken befestigt; die gleich starke Kette am anderen Ende ist 7,3^{m} lang. Wenn von dem Führer eines eingeschlossenen Fuhrwerks der Baum

geöffnet wird, was leicht zu bewirken ist, so wird der Wärter durch eine am Windepfosten angebrachte Klingel von dem Vorgange in Kenntniss gesetzt.

Bei einer grossen Zahl von Schlagbaumbarrieren wird eine von Kirchweger angegebene Einrichtung (Fig. 256, 257) benutzt, bei welcher ebenfalls der Führer eines eingeschlossenen Fuhrwerks die Barriere selbst öffnen kann; der Schlagbaum bleibt aldann in geöffneter Stellung stehen, und der Wärter ist im Stande, die Barriere von seinem entfernten Standpunkte aus wieder zu schliessen. Das hintere Ende des Schlagbaumes ist hierzu in doppelter Weise belastet: Zunächst durch ein seitlich oder unter demselben angebrachtes Gegengewicht, durch welches der Baum nahezu ausbalanzirt ist und sich durch einen geringen, am hinteren Ende ausgeübten Druck öffnet; sodann durch ein anderes, meist mantelförmig gestaltetes Gegengewicht p, welches mit

Fig. 256. Fig. 257.



dem Schlagbaum nicht in fester Verbindung steht, aber mit demselben eine gemeinsame Drehachse hat. Wenn das Gewicht p aufruht, so öffnet sich die Barriere; wird dasselbe durch Wirkung eines Zuges gehoben, so schliesst sich, der Bewegung von p folgend, der Schlagbaum. Um den Baum in gehobener Stellung zu erhalten, wenn die Barriere durch ein eingeschlossenes Fuhrwerk geöffnet ist, können mechanische Vorkehrungen verschiedener Art dienen. Die einfachste derselben verwendet ein kurzes Kettenstück n, welches am hinteren Ende des Baumes befestigt ist und, wenn letzterer gehoben, in einen am Drehpfosten befestigten, nach abwärts gerichteten Haken o eingehängt wird. Der geringe Gewichts-Ueberschuss des oberen Endes vom Schlagbaum genügt, die Kette straff zu halten; sie löst sich jedoch aus, sobald der Wärter durch Herablassen des Gewichts p das hintere Baumende belastet.

Die Konstruktion erfüllt noch die weitere Bedingung, dass das vorhandene selbstthätige Läutewerk vor dem Schluss der Barriere und zwar fast beliebig früh in Funktion tritt. Hierzu dienen die Verschiedenheiten in den Längen der Kettenzüge sowie ein an einer losen Rolle wirkendes Gegengewicht G (Fig. 257). Der Drahtzug endet nahe hinter dem Glockenpfosten in einem Ringe, an dem drei Kettenzüge angreifen. Die beiden äusseren Züge führen über sepa-

rate Rollen und dienen zur Bewegung der Mantelgewichte p auf den beiderseitigen Barrieren; der mittlere Strang, in den das Gewicht G eingeschaltet ist, setzt das Läutewerk in Thätigkeit. Die 3 Kettenlängen sind nun so abgemessen, dass erst, nachdem das Gewicht G einen entsprechend langen Weg durchlaufen hat (während welcher Zeit die Glocke ertönt), der zu dem Gewicht p führende Kettenzug in Aktion tritt, wodurch der Schlagbaum geschlossen wird.

Eine etwas vereinfachte Konstruktion der Kirchweger-Barriere zeigen die Fig. 258 u. 259. Die eisernen Beschlagtheile sammt Läutewerk, Winden etc., aber excl. der losen Kontregewichte, stellen sich für eine Doppel-Barriere dieser Konstruktion auf 24 M.

Nach einer noch mehr vereinfachten Konstruktion sind die Kirchweger - Barrieren auf der Oldenb. Staatsbahn (Fig. 260) ausgeführt. Bei denselben hat man jedoch von der Bedingung der Selbstthätigkeit des Läutewerks und des Gleichgewichts des Schlagbaumes in jeder beliebigen Lage Abstand genommen, wodurch eben die Veinfachung etc. möglich geworden ist.

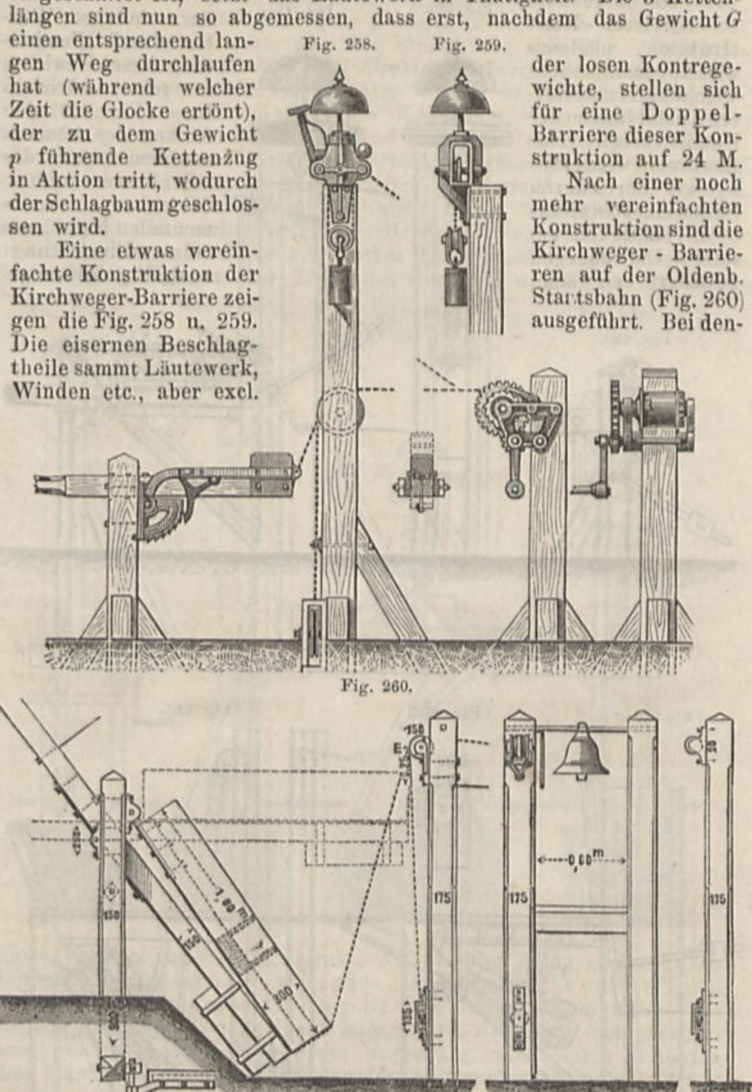

Fig. 258. Fig. 259.

Fig. 260.

Auf dem Prinzip, welches der Kirchweger'schen Barriere zu Grunde liegt, basirt auch die von **Wilke** angegebene, in den Fig. 261—266 dargestellte Barrieren-Konstruktion, obgleich dieselbe manche Abweichungen und freiere Ausbildungen der Details zeigt. Das Läutewerk wird ebenso wie dort durch Heben eines Gewichts G_2 in Thätigkeit gesetzt. Um dagegen gesichert zu sein, dass ein träger Wärter durch Festhaltung dieses Gewichts in seiner höchsten Lage (Fig. 261) den Anfang des Läutens mit dem Anfang des Schliessens vom Schlagbaum zusammenfallen lässt, kann eine Einrichtung nach Fig. 266 ange-

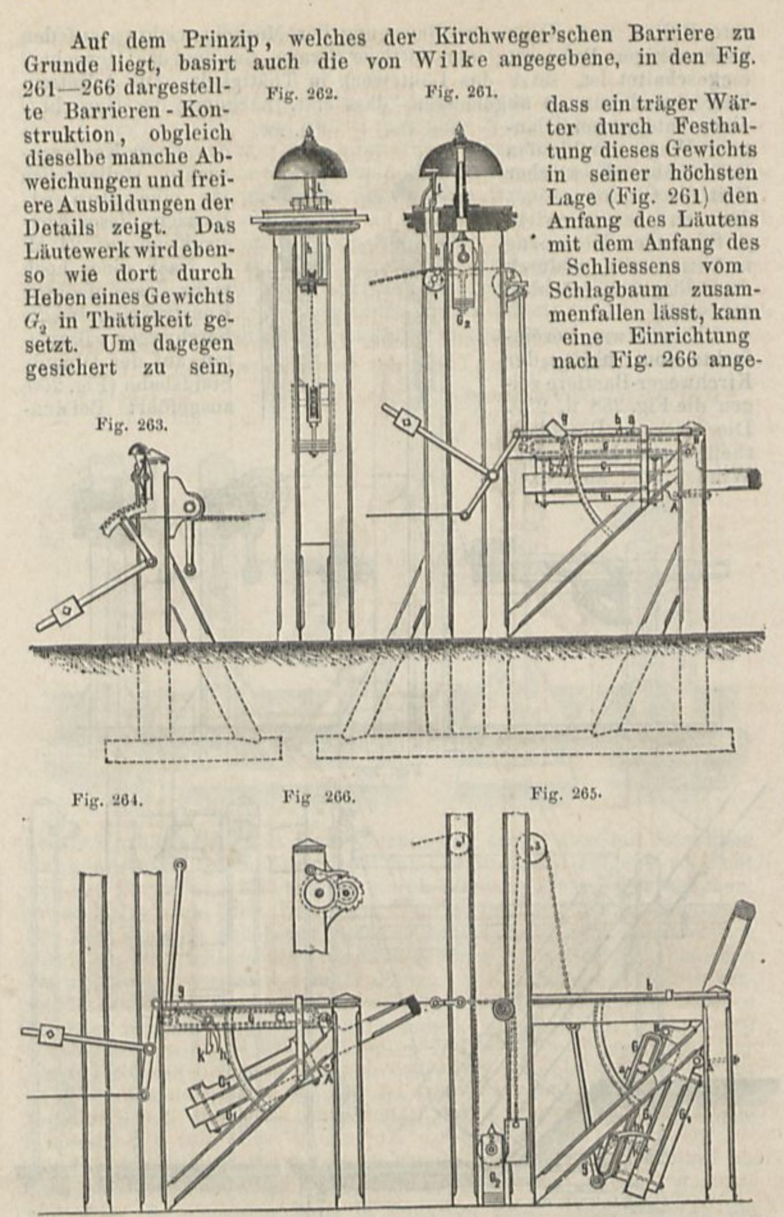
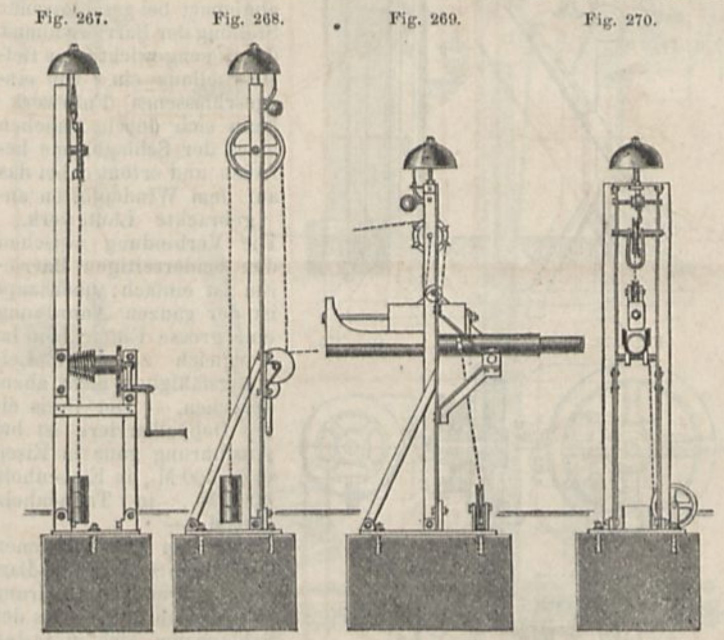


Fig. 262. Fig. 261. Fig. 263. Fig. 264. Fig 266. Fig. 265.

wendet werden, durch welche die Benutzung des Sperrkegels des Windewerks in so weit beschränkt ist, dass derselbe nicht eher eingelegt werden kann, als bis die Zugkette entweder völlig abgelaufen oder völlig aufgewickelt ist. Um ferner den Wärter von dem Falle zu unterrichten, dass ein eingeschlossenes Fuhrwerk sich selbst

befreit hat, sind 2 verschiedene, in den Fig. 264 u. 265 angegebene Vorrichtungen ausführbar. Zum Läuten der beim Wärterhause angebrachten Glocke dient bei der Einrichtung nach Fig. 264 ein Hebelwerk, welches durch den Druck eines Knaggens *a* gegen die Nase *b* eine Schubstange in Bewegung setzt. Bei der Einrichtung nach Fig. 265 wird für das Läuten der Glocke eine direkte Zugvorrichtung, in welche ein Gewicht eingeschaltet ist, benutzt. — Die Barriere hat als Zugvorrichtung nur eine Kette; die Kuppelung der beiderseitigen Barrieren wird durch eine Kette ohne Ende oder ein steifes Gestänge mit entsprechendem Hebelwerk bewirkt. — Sonstige Abweichungen im Vergleich zur Kirchweger-Barriere sind auch noch in Bezug auf die Art der Verbindung des nicht festen Gegengewichts mit dem Schlagbaum vorhanden. Für dieses Gegengewicht dient hier eine besondere Drehaxe mit solcher Lage, dass im geschlossenen Zustand der Barriere ein Theil des Gewichts auf Zuhalten des

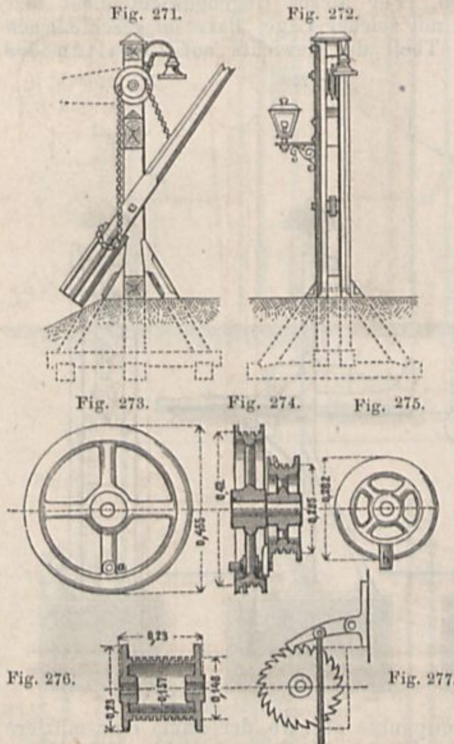
Fig. 267. Fig. 268. Fig. 269. Fig. 270.



Baumes wirkt; von dem Zeitpunkte ab, wo der Baum eine mittlere Stellung (Fig. 264) erreicht, wirkt aber das Gegengewicht auf Oeffnen desselben. Bei geöffneter Stellung ist das, in Bezug auf seine Verwendung variable Gewicht durch Haken und Nase mit dem Schlagbaum gekuppelt (Fig. 265); diese Kuppelung wird durch Schleifen eines Daumens auf einer am festen Gestell angebrachten, kreisförmig gebogenen Schiene ausgelöst, während G_2 im Heben begriffen ist (Fig. 264).

Die Barrieren-Konstruktion nach dem System Büssing (Fig. 267—270) ähnelt insoweit der Wilke'schen Konstruktion (ohne aber wie jene zu der Gattung der Kirchweger-Barriere zu gehören), als dabei das Belastungsgewicht ebenfalls in veränderlicher Weise ausgenutzt wird. Zu dem Zwecke ist dasselbe auf dem hinteren Schlag-

baumende verschiebbar eingerichtet und zwar kann es auf einem langen Führungsbolzen (Fig. 269) bis über die Drehachse hinaus vorgeschoben werden. Der Kettenzug dazu geht über eine Rolle mit seitlichen Knaggen, die beim Drehen der Rolle das Läutewerk in Thätigkeit setzen. In geöffneter Stellung steht der Schlagbaum vertikal, so dass zwischen dem Beginn des Schliessens und demjenigen Zeitpunkt, wo die Passage wirklich gehemmt wird, ein ziemlich langer Zwischenraum liegt, innerhalb dessen das Läutewerk ertönt. In geschlossener Lage wird der Baum durch ein Gegengewicht erhalten, das am Ende des Kettenzuges hinter dem Windewerk wirkt (Fig. 267, 268); letzteres hat eine Spiral-Trommel, auf welche die Kette so gelegt ist, dass mit zunehmender Hebung des Schlagbaums die Wirkung des Gegengewichts (vermöge Abnahme des Trommeldurchmessers) abnimmt; bei geschlossener Stellung der Barriere nimmt das Gegengewicht seine tiefste Stellung ein. Ein eingeschlossenes Fuhrwerk kann sich durch Anheben eines der Schlagbäume befreien und ertönt dabei das auf dem Windepfosten angebrachte Läutewerk.

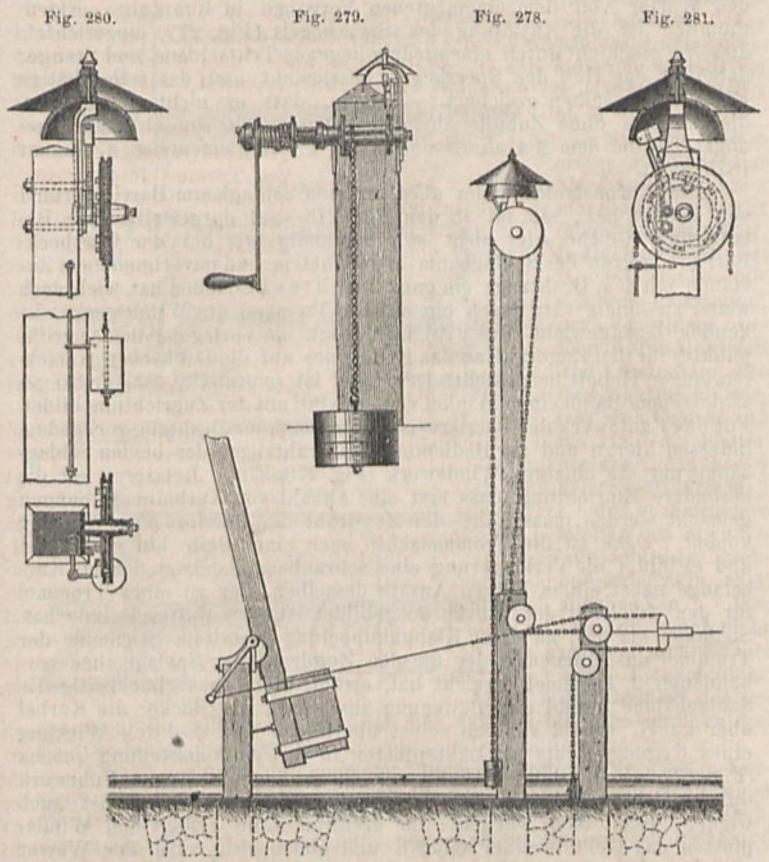

Fig. 271. Fig. 272. Fig. 273. Fig. 274. Fig. 275. Fig. 276. Fig. 277.

Die Verbindung zwischen den beiderseitigen Barrieren ist einfach; überhaupt ist der ganzen Anordnung eine grosse Einfachheit im Vergleich zu ihrer Leistungsfähigkeit nicht abzusprechen. — Der Preis einer Doppelbarriere ist bei Ausführung ganz in Eisen etwa 500 M., in Eichenholz 400 M., in Tannenholz 360 M. —

Zu den Konstruktionen derjenigen Schlagbaum-Barrieren, deren Abbalanzirung so eingerichtet ist, dass der Schlagbaum sich in jeder Stellung im Gleichgewicht befindet, und welche hiernach die Bezeichnung: balanzirte Schlagbaum-Barrieren erhalten (s. oben ad 3), gehören nur 2 Nummern, welche unter sich sehr verschieden sind.

Bei der Barriere von Oberbeck (Fig. 271—277) wird die Abbalanzirung durch eine eigenthümliche Anordnung des Kettenzuges erreicht. Für Schliessen und Oeffnen sind 2 getrennte Zugvorrichtungen (bestehend aus Drähten in Verbindung mit Ketten) vorhanden. Dieselben laufen über Rollen von ungleichem Durchmesser, die im Drehpfosten montirt und in ihrer Drehung von einander abhängig sind. Diese Rollen haben an der Peripherie spiralförmige Einschnitte, wie ebenso auch die Trommel. Bei der Bewegung der Barriere ist

der Vorgang folgender. a) bei geöffnetem Schlagbaum: Ein Mitnehmerstift *a* der grossen Rolle im Drehpfosten (Fig. 273) nimmt seine höchste Stellung ein, der zugehörige Anschlag *b* der kleinen Rolle liegt unmittelbar an *a* an. Wird nun das Windewerk durch Anziehen des Drahtes in Rechts-Drehung versetzt, so nimmt auch die grosse Rolle eine Rechts-Drehung an. Dadurch werden *a* und *b* von einander entfernt, *a* fasst nun den einen Arm eines Winkelhebels



(Fig. 271), wodurch das Läutewerk mit einmaligem Anschlage in Thätigkeit tritt. — Bei weitergehender Drehung der Winde wird *b* von *a* von der anderen Seite aus gefasst und es muss nunmehr auch die kleine Rolle der Drehung folgen; unmittelbar darauf schlägt die Glocke zum zweiten Mal an. Die Stellung des Schlagbaums ändert sicb erst, wenn abermals eine halbe Umdrehung der beiden Rollen zurückgelegt und dadurch das schlaff herabhängende hintere Ende der über die kleine Rolle führenden Kette straff geworden ist; bis dahin schlägt die Glocke zum dritten Mal an.

Vom geschlossenen Zustand der Barriere aus erfolgen die Manipulationen in umgekehrter Reihenfolge; die Glocke läutet dabei aber nicht. Hat das hintere Ende des Schlagbaums sich so weit gesenkt,

dass dasselbe die Strebe des Drehpfostens trifft, so sind auch die Rollen in die oben angegebene (Anfangs-)Stellung zurückgekehrt. — Von einem eingesperrten Fuhrwerk kann der Schlagbaum leicht geöffnet werden und bleibt dann in jeder Stellung fest stehen. Durch die Wirkung der Kette und die Mitnehmer *b* und *a* wird in einem solchen Falle der Drahtzug in Bewegung gesetzt und hierdurch die Windetrommel gedreht; das Geräusch des Sperrkegels setzt dann den Wärter von dem eingetretenen Vorgange in Kenntniss. Eigenthümlich ist die Auslösung des Sperrkegels (Fig. 277) eingerichtet; dieselbe geschieht durch eine niedrig liegende Trittschiene und Stange; dabei ist der Hub des Sperrkegels beschränkt und das selbstthätige Einfallen desselben gesichert. — Darin, dass es nicht möglich ist, die Barriere ohne Zuhülfenahme des Windewerks zu schliessen, genügt dieselbe dem § 4 alinea 6 des B. - P. - Reglements v. 4. Januar 1875 nicht. —

Die 2. Konstruktion der abbalanzirten Schlagbaum-Barriere rührt von Röckl her; sie ist in den Fig. 278—281 dargestellt. Die Balanzirung, welche hier nicht so vollständig wie bei der Oberbeck-Barriere ist, da der Schlagbaum in geöffnetem und unverbundenem Zustande mit dem Drahtzuge ein ganz leichtes Bestreben hat, sich noch weiter zu öffnen, wird durch ein auf die Trommel des Windewerks wirkendes Gegengewicht (Fig. 279) und durch die Verlegung des Angriffspunktes für den Zugdraht an das Ende eines auf die Drehachse gesteckten langen Hebels hergestellt. Der Hebel ist so gestellt, dass er bei geschlossenem Baum einen Winkel von etwa 90° mit der Zugrichtung bildet. Für das Läutewerk der Barriere ist ein besonderer Drahtzug vorhanden, indessen hierzu und zur Bedienung des Drahtzuges der beiden Schlagbäume nur ein einziges Windewerk (Fig. 278, 279). Letzteres hat die besondere Einrichtung, dass erst eine Anzahl von Kurbelumdrehungen gemacht werden muss, ehe der Zugdraht der Barriere zur Wirkung kommt. Dazu ist die Trommelachse nach einer Seite hin verlängert und es bildet die Verlängerung eine Schraubenspindel, zu der das Kurbelauge nebst einem kurzen Ansatz desselben, der zu einer Trommel für den Zugdraht der Glocke ausgebildet ist, das Muttergewinde hat. So lange bis das, zu einer Klauenkuppelung gestaltete Stirnende der Trommel das Stirnende der für den Zugdraht der Schlagbäume vorhandenen 2. Trommel erreicht hat, ertönt, ohne dass gleichzeitig die Schlagbäume irgend eine Bewegung ausführen, die Glocke; die Kurbel aber kehrt, sobald sie sich selbst überlassen bleibt, durch Wirkung eines Gegengewichts am Läutepfosten in ihre Anfangsstellung zurück (Fig. 277). — Die Barriere kann von einem eingeschlossenen Fuhrwerk durch leichtes Anheben des Baumes geöffnet und demnächst auch wieder geschlossen werden. Im ersteren Falle erfolgt am Windepfosten das Geläute einer Glocke und gleichzeitig wird der Wärter von dem Vorgange in Kenntniss gesetzt. — Als Vortheil sowohl wie als Nachtheil kann es angesehen werden, dass beim etwaigen Reissen des Zugdrahts die Barriere sich öffnet und nicht schliesst, wogegen es unbedingt als Nachtheil zu betrachten ist, dass nach einer solchen Störung das Läutewerk noch ungestört weiter funktionirt.

Neuerlich werden die Röckl - Barrieren ganz in Eisen hergestellt; sie stehen für Weiten bis 7m in Anwendung und haben eine schnelle Verbreitung, vorwiegend auf den bayerischen Bahnen, gefunden, aber auch in Norddeutschland kommen dieselben bereits mehrfach vor. —

Die Barrieren der 2. Gattung, d. h. solche, die bei ihrer Bewegung nicht in derselben Vertikalebene bleiben, treten in weniger zahlreichen Arten auf, auch ist die Häufigkeit ihrer Benutzung eine geringere als bei den Barrieren der ersten Gattung.

Die Einlege-Barriere (Fig. 282) ist bis zu etwa 7^m Weite anwendbar; die an den Enden mit Eisen beschlagene Stange hat 10 zu 10^{zm} bis 10 zu 12^{zm} Stärke; das Gesammtgewicht der Beschlagtheile ist etwa 5^k, der Preis bei $5-7^m$ Weite 40 bis 55 M.

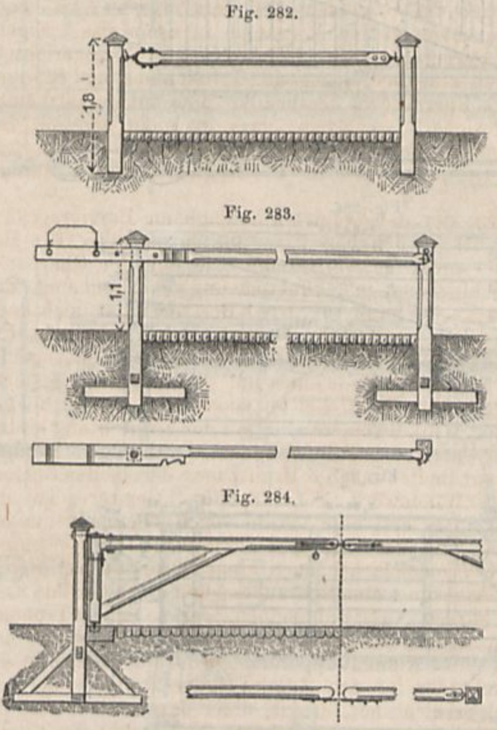


Fig. 282.
Fig. 283.
Fig. 284.

Für eine etwas grössere Weite ist die Drehbarriere mit Gegengewicht (Fig. 283) anwendbar. Letzteres wird bei $5-8^m$ Weite $50-70^k$ schwer genommen; der Verschluss erfolgt durch Ueberfall und Vorstecker. Die Beschlagtheile wiegen im Ganzen 10 bis 12^k; die Kosten betragen, bei $5-8^m$ Weite, 60—110 M.

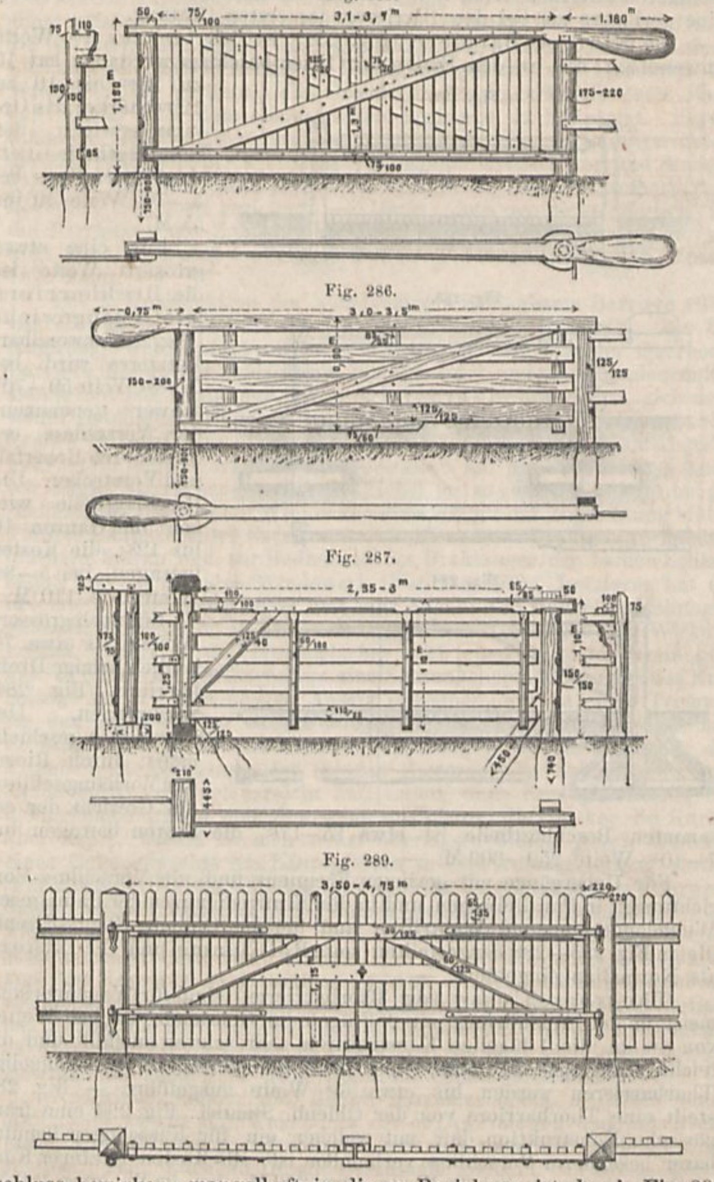
Für noch grössere Weiten als etwa 7^m ist die 2armige Drehbarriere (Fig. 284) anzuwenden. Der Verschluss geschieht meist durch Riegel und Vorhängeschloss; das Gewicht der gesammten Beschlagtheile ist etwa $15-17^k$, die Kosten betragen bei $7-10^m$ Weite 250—300 M. —

Für Uebergänge mit geringer Frequenz und als Verschluss-Vorrichtungen in Parallelwegen und in den Einfriedigungen der Bahn gegen Weideländereien und Viehtriften sind bei der Oldenb. Staats-Eisenb. die in Fig 285—288 dargestellten sog. Rollbäume und Heckthore als Normalien eingeführt. —

Thorverschlüsse (sog. Thorbarrieren) sind für Wagenverkehr meist in der Ausführung mit 2 Flügeln in Gebrauch, da bei Weiten von 4^m an die 1flügelige Konstruktion sehr schwer ausfällt und die leichte Gangbarkeit solcher Thore nicht gut zu sichern ist. 2flügelige Thorbarrieren werden bis etwa 6^m Weite ausgeführt. — Fig. 289 stellt eine Thorbarriere von der Oldenb. Staatsb., Fig. 290 eine französische Konstruktion dar, mit welcher ein für Fussgänger benutzbarer besonderer Verschluss verbunden ist; die Kosten letzterer Konstruktion betragen bei 6^m Weite etwa 300 M., bei 4^m W. etwa 180 M.

Fig. 291 u. 292 stellen andere, für Verschlüsse von Fusswegen dienende Einrichtungen dar. Diese Verschlüsse, wie auch das in Fig. 293

skizzirte Thor für Fussgänger können so hergestellt werden, dass sie einen völlig dichten, für Kleinvieh nicht zu überwindenden Ver-


Fig. 285.
Fig. 286.
Fig. 287.
Fig. 289.

schluss bewirken; mangelhaft in dieser Beziehung ist der in Fig. 294 dargestellte Verschluss durch Drehkreuz, dessen Anwendung daher auch nur eine beschränkte ist. —

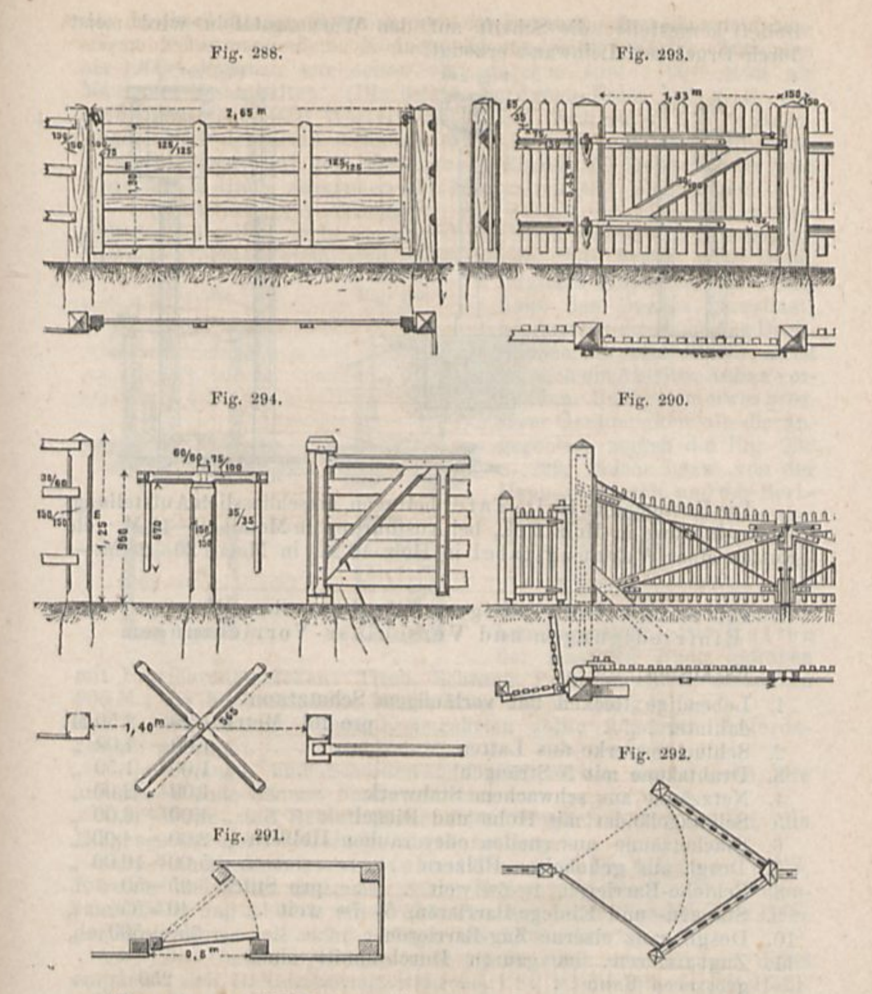


Fig. 288. Fig. 293. Fig. 294. Fig. 290. Fig. 292. Fig. 291.

Warnungs- und Halt-Tafeln. 10—20m entfernt vom Abschluss eines Plan-Ueberganges ist eine Halt-Tafel aufzustellen, unmittelbar daneben, event. auch näher dem Verschluss, eine Warnungs-Tafel; mitunter werden beide Tafeln vereinigt, oder beide an einem und demselben Pfosten angebracht.

Die Halt-Tafeln (Fig. 295, 296) haben 1,25m, die Warnungstafeln (Fig. 297) etwa 2,0m Höhe; als Material zu denselben dient entweder ausschliesslich Holz oder ausschliesslich Metall, oder aber man wendet hölzerne (12 : 12zm starke) Pfosten und dazu Tafeln aus Gusseisen, Zink oder Blech an. Bei der Konstruktion aus Blech oder Metall empfiehlt es sich, zu den Pfosten ausrangirte Bahnschienen zu benutzen; die hölzernen Tafeln erhalten Hirnleisten und kleine Verdachungen. — Die Halt-Tafel zeigt in grossen, 8—12zm hohen Buchstaben das Wort „Halt!"; die Schrift wird durch Aufmalung (bei den Metalltafeln in

Relief) hergestellt; die Schrift auf den Warnungstafeln wird meist durch Druck auf Leinwand erzeugt.

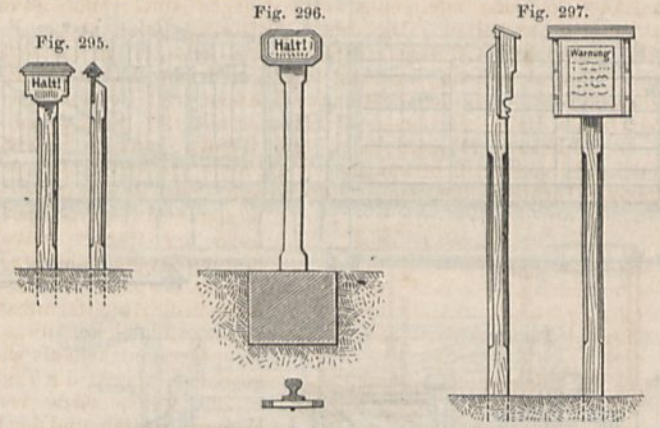


Fig. 295. Fig. 296. Fig. 297.

Die Kosten einer Halt-Tafel betragen, einschliesslich Aufstellung, bei Ausführung in Holz 5 M., bei Ausführung in Metall 12—15 M.; die Kosten einer Warnungstafel in Holz 10 M., in Metall 20—28 M. —

Zusammenstellung einiger Angaben über Kosten von Einfriedigungen und Verschluss-Vorrichtungen.

Es kosten:

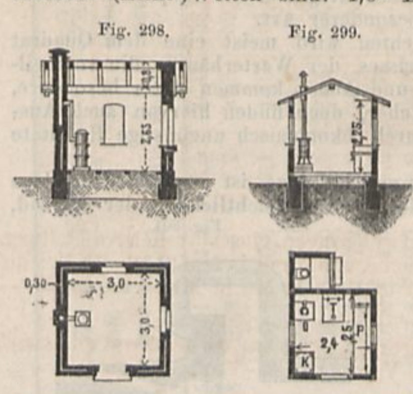
1.	Lebendige Hecken mit vorläufigem Schutzzaun dahinter	pro lfd. Meter	1,25— 2,50 M.
2.	Schluchterwerke aus Latten	„	1,00— 4,00 „
3.	Drahtzäune mit 3 Strängen	„	1,00— 1,50 „
4.	Netzzäune aus schwachem Stabwerk	„	1,00— 2,00 „
5.	Schutzgeländer mit Holm und Riegel	„	4,00— 6,00 „
6.	Stacketzäune aus runden oder rauhen Hölzern	„	2,00— 4,00 „
7.	Desgl. aus gehobelten Hölzern	„	5,00—10,00 „
8.	Schiebe-Barrieren, 4—6m weit	pro Stück	35—50 „
9.	Stangen- und Einlege-Barrieren, 5—7m weit . .	„	40—55 „
10.	Desgl. ganz eiserne Zug-Barrieren	„	350—500 „
11.	Zugbarrieren, im ganzen Durchschnitt einer grösseren Bahn		250 „
12.	Drahtleitungen zu den Zugbarrieren pr. lfd. m	„	0,20— 0,40 „
13.	Thür f. Fussgänger in einem Lattenzaun, 1,25m w.	„	8,00—12,00 „
14.	Hölzerne Thore, 3m weit	„	40—60 „
15.	desgl. 4m „	„	50—80 „
16.	desgl. 8m „	„	120—150 „
17.	Schlupfpforten für Fussgänger, neben Barrieren	„	20—30 „

b. Wärterbuden und Bahnwärter-Häuser.

Wärterbuden kommen meist an den Ausgängen der Bahnhöfe, seltener an freier Bahn (selbst dann nicht, wenn die Wärterstation in unmittelbarer Nähe eines Ortes liegt) vor. Die Zahl der Wärterstationen ist unmittelbar abhängig von der Art der Signal-Vorrichtungen, welche eingeführt sind, und hierdurch von der natürlichen Gestaltung

des durchschnittenen Terrains, von der Bebauung desselben und sonstigen Nebenumständen. Kleinere Abstände der Wärter-Stationen als 1200m kommen nur selten vor, dagegen sind 1500m etwa als Maximum festzuhalten. (Die österr. Nordwest-Bahn hat z. B. auf 626Km Bahnlänge 490 Wärter-Stat., d. i. 1 Stat. auf je 1277m Bahnlänge. Von denselben befinden sich: in freier Bahn 305 Einzel-2 Doppelhäuser, auf den Stationen 54 Einzel-, 69 Doppelhäuser und 1 vierfaches Haus, zusammen 431 Häuser mit 490 Wohnungen.

1. **Wärterbuden** (Wachtlokale). Sie werden zumeist massiv aufgeführt und sollten nicht weniger als 1½ Stein starke Wände erhalten. Minimal- (Licht-)Weiten sind: 1,6m Länge, 2,0m Breite, 2,3m Höhe, letzteres Maass bis zur Traufhöhe des Daches gerechnet; hierzu tritt die Höhe des Dachraumes, der geschalt wird; meist ist noch ein Abtritts-Anbau vorhanden. Buden von etwas grösserer Geräumigkeit als die angegebene, zeigen die Fig. 298 u. 299, welche bezw. von der Hannov. Staatsb. und der Berl.-Dresdener Bahn entnommen sind; erstere massiv mit Hohlmauerung, letztere, bei welcher die Einrichtungsstücke mit dargestellt sind, in Fachwerkbau hergestellt. Die Kosten der massiven Bude betragen mit Einrichtungsstücken: Tisch, Schrank, Pritsche, Stuhl, zusammen 900 M.; die Fachwerksbude kostet etwa 150 M. weniger. —



2. **Wärterhäuser.** Ihre Konstruktion sollte folgenden Anforderungen genügen:

1) Umfangs- und Scheidewände sind massiv auszuführen, die anderen Wände können Fachwerk sein.

2) Wohn- und Schlafzimmer sollen möglichst nach Süden, die Eingangsthür der Wetterseite abgekehrt liegen.

3) Raumbedürfniss: 1 Stube 17□m, 1 Schlafzimmer 10□m, Küche und Flur zusammen 8□m, Keller 5□m, Stall 8□m, Bodenraum 35□m und Abtritt; ein 2. Schlafzimmer ist erwünscht. Die Höhe der Wohnräume soll nicht geringer als 2,7m sein.

4) Die Umfassungswände sind 1½ St. stark auszuführen; dabei empfiehlt sich Hohlmauerung, während 1 St. starke Wände mit Hohlmauerung sehr grosse Sorgfalt in der Ausführung erfordern, wenn ein guter Erfolg erzielt werden soll. Mehrfach kommen in neuerer Zeit Häuser aus Betonbau vor. (Vergl. unten die Fig. 311 u. 312, welche der Berl.-Stett. Bahn, und die Fig. 318, 319, welche der Oberschwäb. Bahn entnommen sind. In Fig. 311 u. 312 sind die Decken unter Verwendung ausrangirter Schienen, zwischen welchen Gusskappen liegen, hergestellt zu denken). — Zur Dachdeckung wird sich in den meisten Fällen Schiefer empfehlen; Pappe kommt nur selten vor. — Küche und Flur erhalten einen steinernen oder gegossenen Estrich; die Wohnräume Dielung, da ein Estrich zu kalt ist. — Für die Fenster ist des guten Schlusses wegen Holz zu wählen, eiserne Fenster sind ungenügend.

5) Kommen mehre Wohnungen unter einem gemeinsamen Dache vor, so sind dieselben möglichst vollständig zu trennen; ein als Dienst-

lokal etwa angebauter Budenraum kann von 2 Bewohnern eines Wärterhauses gemeinschaftlich benutzt werden.

6) Bei jedem Hause ist ein Brunnen anzulegen, dessen Kosten zu 60—200 M. anzusetzen sind. —

Die meisten Wärterhäuser werden eingeschossig ausgeführt, mit einer Drempelwand von geringer Höhe, zur Verbesserung des Bodenraumes und Erzielung günstigeren Aussehens dienend. Zweigeschossige Anlagen können sich empfehlen: a. bei Unterbringung mehrer Wohnungen unter einem Dache, b. wenn die Bahn 1,5m und höher über dem benachbarten Terrain liegt, in besonderen Fällen auch, wenn die Bahn im Einschnitt liegt, c. bei koupirtem Terrain oder bei Signal-Vorkehrungen besonderer Art.

Aus ökonomischen Rücksichten wird meist eine dem Quadrat sich nähernde Form des Grundrisses der Wärterhäuser die vortheilhafteste sein. Stall-Anbauten und Abort kommen unter besondere, möglichst niedrig gehaltene Dächer, doch finden hiervon auch Ausnahmen statt, ohne dass dadurch ökonomisch ungünstige Resultate sich ergeben.

Die Stellung der Häuser zur Bahnaxe ist von der Höhenlage und Beschaffenheit der Baustelle, der Uebersichtlichkeit der Gegend,

Fig. 300. Fig. 301.

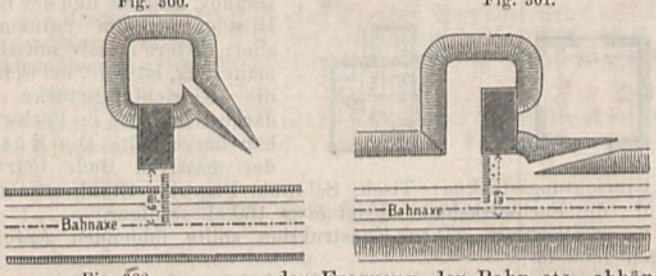
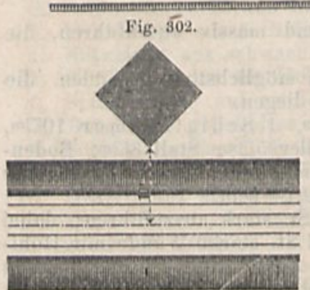


Fig. 302.



der Frequenz der Bahn etc. abhängig; entweder wird dieselbe mit einem der in Fig. 300, 301 u. 302 gegebenen (der Oldenb. Staatsbahn entnommenen) Beispiele übereinstimmen, oder es wird die Langfront der Bahn parallel gerichtet sein. Letzterer Fall ist der häufigere; die diagonale Stellung wird sich bei grosser Uebersichtlichkeit des Terrains und geringer Bahn-Frequenz vielleicht empfehlen. In Betracht kommt hierbei auch, ob angebaute Budenräume mit dem Hauptbau verbunden werden oder nicht. Bei der Oldenb. Bahn werden solche Räume grundsätzlich nicht angelegt, in welchem Umstande die Eigenthümlichkeiten der Konstruktion und Stellung der Wärterhäuser an dieser Bahn ihre Begründung finden.

Eine Anzahl ausgeführter Wärterhäuser, für je 1 Familie bestimmt, bieten die Fig. 303—319, deren wesentliche Verhältnisse in der Tabelle auf S. 301 zusammengetragen sind.

Bahnwärter-Häuser für mehre Familien werden sich in den Anlagekosten meist etwas niedriger herausstellen als Einzelhäuser, doch ist dieser Unterschied im allgemeinen nur sehr geringfügig.

Fig. 320 giebt den Grundriss eines 2 Familienhauses von der Berl. Küstriner Bahn; die Anlage kann als mustergültig bezeichnet werden.

Lfd. No.	Name der Bahn	Haupträume □m				Zusammen	Nebenräume □m			Zusammen	Geschosshöhe m	Kosten im Ganzen Mark	Kosten pro □m beb. Fläche Mark
		Stube	Kammer	Küche	Flur		Keller	Stall	Boden				
1	Altenbeken-Holzminden	15,4	10,5	6,7	7,5	40,1	11,5	6,5	40,0	58,0	2,90	3600	50
2	Berlin-Görlitz	16,2	8,2	4,6	6,3	35,3	—	7,2	32,5	39,7	2,90	—	—
3	Hannov. Staatsb. (Fig. 303—305)	14,0	20,7	9,5		44,2	10,8	7,1	45,5	63,4	2,95	4000	57
4	desgl. (Fig. 306—308)	17,9	21,1	14,0		53,0	8,0	6,9	54,8	69,7	2,95	4000	52
5	Berlin-Dresden (Fig. 309, 310) .	17,4	9,2	7,5		34,1	7,0	7,1	35,1	49,2	2,90	—	—
6	Berlin-Stettin (Fig. 311, 312) . .	20,1	9,3	8,0		37,4	7,2	14,0	38,6	59,8	2,80	3000	—
7	Oldenb. Staatsb. (Fig. 313, 314)	17,0	17,0	17,0		51,0	4,0	17,0	70,0	91,0	2,65	2400	31
8	desgl. (Fig. 315—317)	14,3	29,6	14,3		57,2	12,0	14,0	30,0	56,0	2,65	2400	67
9	Oberschwäb. Bahn (Fig. 318, 319)	17,0	40,0	10,0		67,0	16,0	16,0	—*	32,0	2,71	4800	107
10	Stargard-Posener B.	16,9	8,5	7,6		33,0	8,0	7,0	34,0	49,0	2,60	2600	53
11	Berlin-Hamburger B.	16,6	10,2	10,4		37,2	5,5	6,4	46,3	58,2	2,80	2750	51
12	Berlin-Küstriner B.	19,1	8,7	7,4		35,2	9,0	6,7	37,0	52,7	2,60	—	—
13	Kaiser Ferdinands-Nordbahn . .	20,0	9,5	9,5		39,0	9,0	—	42,0	51,0	2,60	3800	75

Bemerkungen: Ad 1 und 12. Mit niedriger Drempelwand ausgeführt; der Eingang liegt an einer Langseite; der Stall ist angebaut.
Ad 11. Wie vor, nur dass der Stallraum im Hause selbst liegt.
Ad 13. Wie vor, aber der Stallraum fehlt.
Ad 2. Mit hoher Drempelwand in Fachwerk hergestellt; Eingang liegt am Giebel; Stall ist angebaut.
Ad 10. Ohne Drempelwand; Eingang am Giebel; das Stallgebäude liegt abgetrennt.
Ad 4. Kommt zur Ausführung bei Terrain mit hohem Grundwasserstand, daher das Zimmer über dem Keller hochgelegt ist.
Ad 6. In Betonbau ausgeführt (siehe oben); wird aber mit Beibehaltung der gleichen Abmessungen auch in Ziegelsteinbau ausgeführt.
Ad 7. Fig. 313 und 314 setzen Ausführung in Bruchstein oder Findlingen voraus.

Fig. 321 u. 322 sind von einem 2 Familienhause der Hannov. Staatsb. entlehnt, das ebenfalls als Muster gelten kann; aus Rücksicht auf Grundwasser ist die Kellersohle und der darüber liegende Raum etwas in die Höhe gerückt. Die Baukosten betragen im Ganzen 7500 M., d. i. pro □m beb. Fläche 53 M.

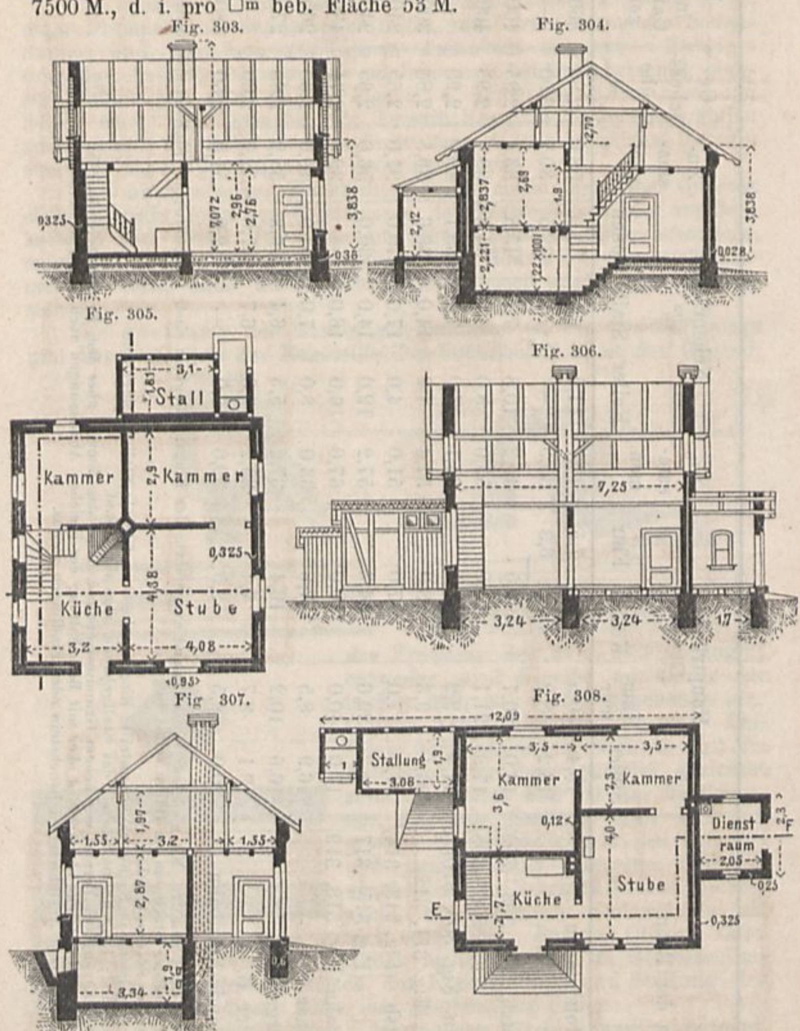


Fig. 303. Fig. 304. Fig. 305. Fig. 306. Fig. 307. Fig. 308.

Fig. 323 stellt den Grundriss des Erdgeschosses eines 4 Familienhauses der Niederschl.-Märk. Bahn dar. Flur und Treppe sind dabei nicht getrennt gehalten. Baukosten pro □m Grundfläche jeder Wohnung 50 M.

Den Grundriss eines 1 stöckigen 4 Familienhauses von der Berl.-Hamb. B. giebt Fig. 324. Hier ist derselbe Mangel wie vor, zu erwähnen; Kosten pro □m beb. Grundfläche 67 M.

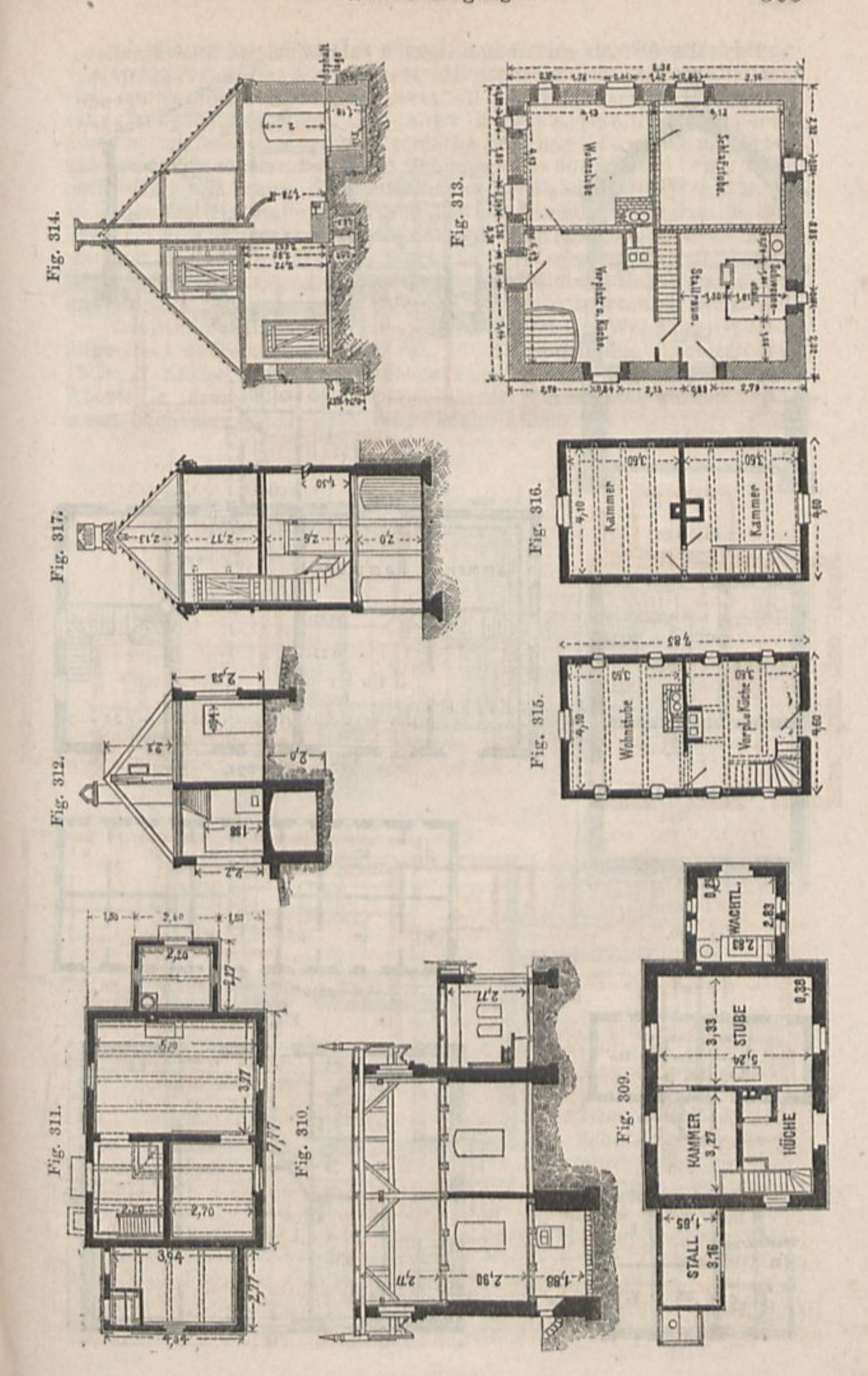
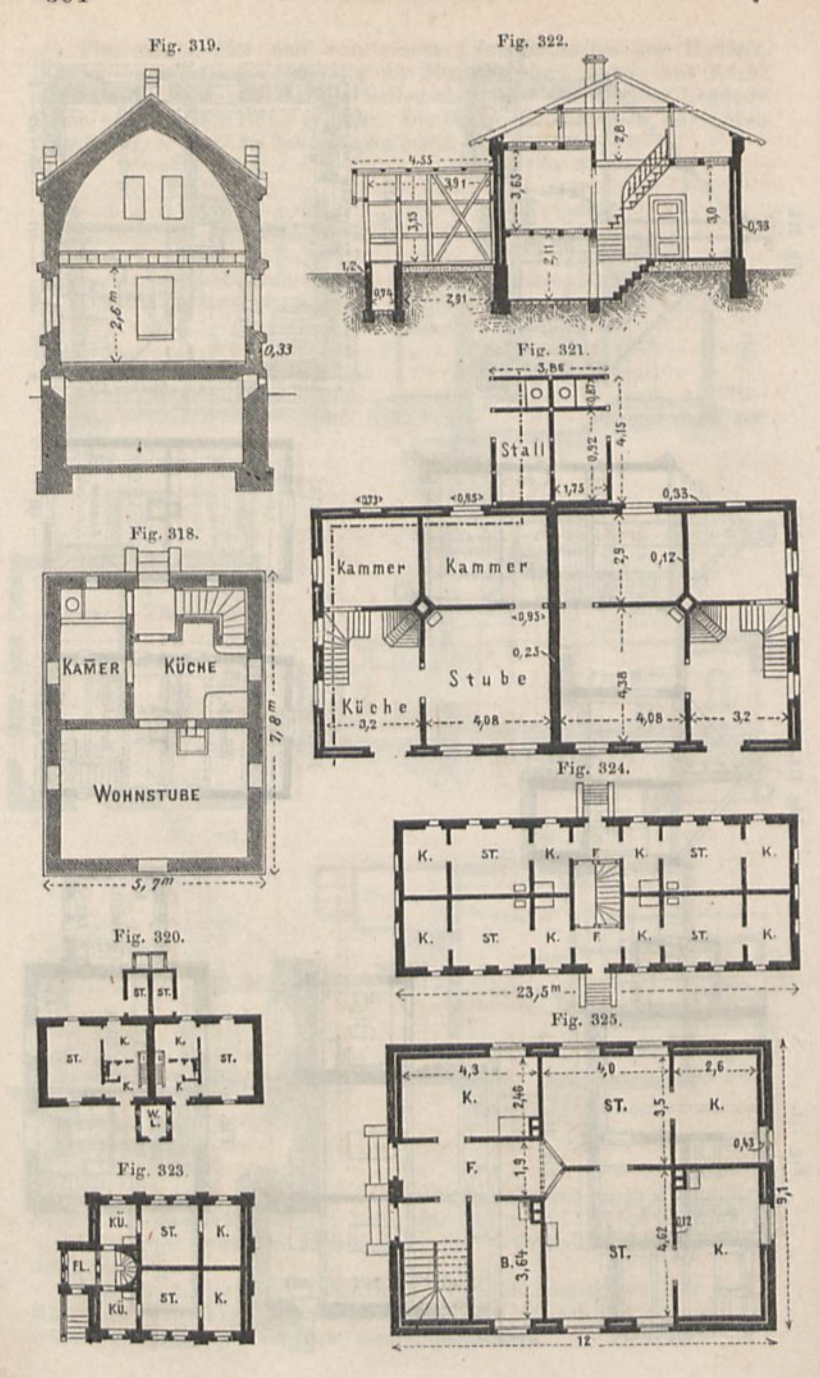


Fig. 314. Fig. 313. Fig. 317. Fig. 316. Fig. 312. Fig. 315. Fig. 311. Fig. 310. Fig. 309.


Fig. 319.
2,6 m
0,33
Fig. 322.
4,55
3,91
3,15
1,2
0,74
2,91
3,65
2,11
2,8
3,0
0,38
Fig. 321.
3,86
Stall
0,92
4,15
1,75
0,33
Kammer
Kammer
0,95
2,9
0,12
0,25
Stube
4,38
Küche
3,2
4,08
4,08
3,2
Fig. 318.
KAMER
KÜCHE
WOHNSTUBE
7,8 m
5,7 m
Fig. 324.
K.
ST.
K.
F.
K.
ST.
K.
K.
ST.
K.
F.
K.
ST.
K.
23,5 m
Fig. 320.
ST.
ST.
ST.
K.
K.
ST.
K.
K.
W. L.
Fig. 325.
4,3
4,0
2,6
K.
2,46
ST.
3,5
K.
0,43
F.
1,9
9,1
ST.
4,62
K.
B.
3,64
12
Fig. 323.
KÜ.
ST.
K.
FL.
KÜ.
ST.
K.

3. Wohnhäuser für niedere Beamte, Bahnmeister etc. Zur Errichtung von Gebäuden dieser Gattung entschliessen die Eisenb.-Verwaltungen sich nur in Fällen besonderer Art; dieselben kommen daher relativ selten vor und handelt es sich in der Mehrzahl betr. Fälle um Wohnungen für Bahnmeister, für welche Beamten-Klasse das möglichst nahe Wohnen an der Bahnlinie besonders erwünscht ist, bezw. auch nothwendig sein kann. — Die Erwähnung der Bahnmeister-Wohnhäuser an gegenwärtiger Stelle findet nur aus dem Grunde statt, dass dieselben, bei einer Gewährung von geringem Mehrraum, in Grösse, Ausstattung und Einrichtung den Wärterhäusern sehr nahe kommen. Es soll diese Erwähnung indess auf Angabe des Minimal-Bedarfs an Raum und Vorführung einiger zugehörenden Beispiele beschränkt werden.

Das Minimal-Raumbedürfniss einer Bahnmeister-Wohnung ist etwa folgendes: 2 Wohnzimmer mit zus. 15—25 □m Grundfl., 1 Schlafz. mit 15 □m, 1 Küche mit 10 □m, daneben Flur, Keller, Bodenraum, Stall, Abort. In dem Falle, dass Doppelhäuser eingerichtet werden, tritt meist noch eine gemeinsame Waschküche hinzu.

Fig. 326.

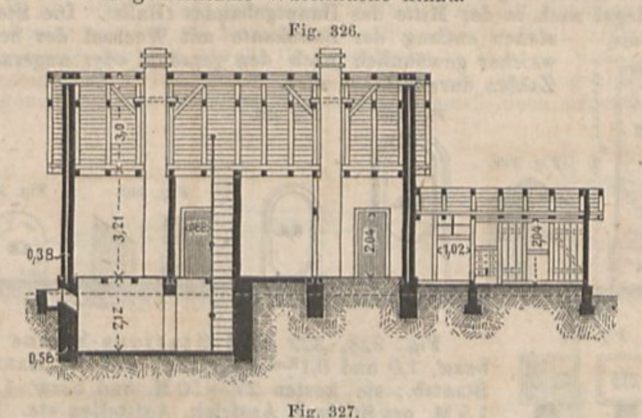


Fig. 327.

Fig. 325 stellt eine Normalie von der Hannov. Staatsb. dar. Der für 2 Familien bestimmte Bau ist 2 geschossig, mit übereinstimmender Einrichtung der beiden Geschosse, ausgeführt; die beb. Grundfläche beträgt für das Haus 109,2, für das dazu gehörige Stallgebäude 23,8, zusammen 133 □m. Die Kosten des ganzen Etablissements sind 15000 M., d. i. pro □m Grundfläche jeder Wohnung, mit zugehörigem Stallraum, rot. 62 M.

Das in Fig. 326, 327 skizzirte Gebäude, ebenfalls eine Normalie der Hannov. Staatsb., ist nur für 1 Familie bestimmt und leistet

den oben angeführten Raumanforderungen in reichlichem Maasse Genüge. Die Kosten pro □m beb. Grundfläche sind etwas höher wie in dem vorhergehenden Falle. —

b. Abtheilungszeichen.

Hierher gehören Stationssteine, Neigungszeiger, Kurvenzeichen, Wärter-Kontroltafeln und Grenzpfähle.

Das B.-P.-Reglem. v. 4. Jan. 1875 enthält im § 6 folgende hierzu gehörige Vorschriften:

„Die Bahn ist mit Abtheilungs-Zeichen zu versehen, welche bei Tage vom Zuge aus deutlich zu erkennen sind und Entfernungen von ganzen und 0,1 Kilometern angeben.

An den Wechselpunkten der Gefälle sind Neigungszeiger aufzustellen, an denen die Neigungen der Bahn und die Längen der betr. Strecken deutlich erkennbar anzugeben sind." —

Die Zahlenangabe auf den Stations-Steinen nimmt ihren Ausgang der Regel nach in der Mitte des Hauptgebäudes (Halle). Die Steine stehen entlang der Bahnkante mit Wechsel der Seite, welcher gewöhnlich nach den geraden oder ungeraden Zahlen durchgeführt wird.



Fig. 328. Fig. 329. Fig. 330. Fig. 331. Fig. 332. Fig. 333.

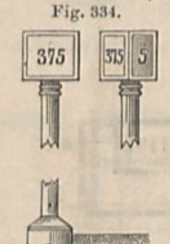


Fig. 334.

Fig. 328, 329 sind Stations-Steine für bezw. 1,0 und 0,1^{Km} Bahnlänge von der Hannov. Staatsb.; sie kosten 25 — 30 M. und bezw. 1,0—1,5 M. pro St. incl. Anstrich, Aufstellen etc. Fig. 330—332 sind anderweit gebräuchliche Formen von Stations-Steinen. —

Für Eingrenzung des Grundeigenthums d. B. dienen meist Steine, die etwa nach Fig. 333 hergestellt sind; Kosten 0,75—1,0 M. p. Stück. —

Auf den französischen Bahnen sind statt der niedrigen Stat.-Steine höhere Pfosten im Gebrauch, welche aus Eisen bestehen und deren Fuss, zum sicheren Aufstellen, auf einen kurzen Holzpfahl sich aufseszt (Fig. 334). Die Tafeln bilden im Grundriss die Form eines Dreiecks, dessen eine Spitze der Bahnaxe zugekehrt ist; beide betr. Seiten tragen Bezeichnungen. Die Ziffern sind weiss auf hellblauem Grunde, der Pfosten hat schwarzen Anstrich; die Kosten eines solchen Pfostens sind 30—35 M. —

Ein grösserer Wechsel der Form und des Materials als bei den Stationszeichen, findet bei den Neigungs-Zeigern statt. Auf deutschen Bahnen ist als Material für dieselben vorwiegend Holz im Gebrauch, neuerdings kommen aber auch vielfach Neigungs-Zeiger, ganz aus Eisen oder Eisen und Zink bestehend, zur Anwendung; erstere

haben eine mittlere Dauer von 10—15 Jahren. — Die Stellung der Arme oder Tafeln ist eben so oft parallel als normal zur Bahnaxe, doch wird der normalen Stellung neuerdings der Vorzug gegeben. Die Deutlichkeit der Schrift scheint bei schwarzen oder auch rothen Zahlen auf weissem Grunde — besonders wenn dieser emaillirt ist — am günstigsten zu sein; weisse Schrift auf schwarzem Grunde wird vielfach getadelt. — Vorwiegend im Gebrauch sind die Pfosten mit Armen, durch deren Lage das Nivellement der Bahn im ungefähren anschaulich gemacht wird; Tafeln von rechteckiger Form oder Neig.-Zeiger mit Tafeln von 3eckiger Form sind weniger häufig. Ausser der Zahlenangabe, die sich auf die Neigung der Bahn bezieht, enthalten die N.-Z. auch die zugehörigen Längen-Angaben. Um die Neig.-Angab. möglichst klar hervortretenzu lassen, dienen bezw. die Armstellung, ein Pfeil, oder bei Tafeln ein aufgemaltes Dreieck, bezw. 2 körperliche Dreiecke; durch die Lage einer der Dreieckseiten wird dann bezeichnet, ob die vorausliegende Strecke Steigung oder Gefälle hat. Die Angabe der Neigungen geschieht entweder in Form eines gewöhnlichen Bruches, (z. B. $\frac{1}{250}$ oder 1 : 250) oder, nach französ. Art, mit Beziehnung auf die Länge = 1000 als Einheit (z. B., für letzteren Fall, 0,004).

Einige Beispiele sowohl für Ausführung in Holz als Metall geben die Fig. 335—337. Die Pfostenhöhe sollte mit der Augenhöhe des Lokomotivführers einigermaassen übereinstimmen, doch schwankt die-

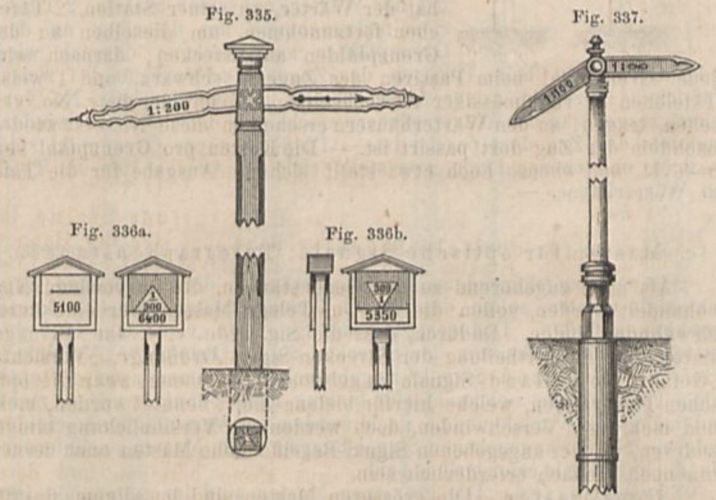


Fig. 335. Fig. 337. Fig. 336a. Fig. 336b.

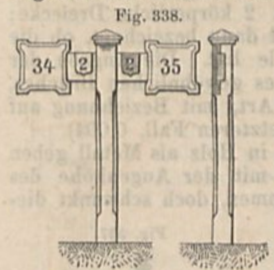
selbe in den weiten Grenzen von 1,25—3,0m; die Armlänge wechselt zwischen 0,3 und 1,0m, am häufigsten kommt etwa 0,6m vor. Die Tafelgrösse ist 0,10 bis 0,20 □m. Hölzerne N.-Z. kosten etwa 8 — 12 M., eiserne 25 — 30 M.; erheblich billiger werden letztere, wenn man zu den Pfosten entweder ausrangirte Schienen oder Siederöhren aus Lokomotiv-Kesseln benutzt, was neuerdings vielfach in Uebung kommt. —

Zeichen zur Angabe der Kurven: Kurvenzeichen, sind nur bei verhältnissmässig wenigen Bahnen im Gebrauch. Man benutzt dazu Pfosten von geringer Höhe, 0,30—0,50m h., mit runden Tafeln, auf der die Länge der vorausliegenden Kurve und der zugehörige Radius angegeben ist; zuweilen tritt der Bezeichnung noch ein entsprechend

geschwungen dargestellter Pfeil hinzu, der über die Wendung der Kurve nach links oder rechts Auskunft giebt. Treffen Kurvenwechsel mit Gefällwechseln zusammen, so wird für das Kurvenzeichen der Pfosten des Neigungs-Zeigers mit benutzt. —

Wärter-Kontrol-Tafeln und Grenz-Pfähle. Nach den Vorschriften d. Techn. Vereinb. ist die Bahn von den Wärtern am Tage mindestens 3 mal, und während der Nacht möglichst vor dem Passiren jedes Zuges, zu revidiren; auch sollen, zur Sicherung dafür, dass diese Vorschriften Befolgung finden, entsprechende Vorrichtungen getroffen werden. Eine Vorrichtung hierzu, die bei mehren Bahnen im Gebrauch ist, besteht darin, dass an jedem Wärterhause eine Tafel aufgehängt ist, die in 2 Reihen je 6, bezw. schwarz und weiss angestrichene kleine Täfelchen, in übereinstimmender Weise mit den Ziffern 1 bis 6 nummerirt, trägt; und dass sich an der Grenze zwischen 2 W.-Bezirken ein Pfosten befindet, der an 2 grösseren Tafeln die Nummerirung der Bezirke enthält. Die Arme der beiden Tafeln müssen so eingerichtet sein, dass an denselben je eins der kleinen Täfelchen vom Wärterhause befestigt werden kann (Fig. 338). Etwa 1 St. vor dem Eintreffen eines Zuges hat der Wärter, an seiner Station, 2 Täfelchen fortzunehmen, um dieselben an den Grenzpfählen aufzustecken; darnach wird jeder Grenzpfahl beim Passiren des Zuges 1 schwarz. und 1 weiss. Täfelchen in regelmässiger Abwechselung und mit der betr. No. versehen, tragen; an den Wärterhäusern erscheinen diese No. erst wieder, nachdem der Zug dort passirt ist. — Die Kosten pro Grenzpfahl sind 5—6 M. und ebenso hoch etwa stellt sich die Ausgabe für die Tafel am Wärterhause. —

Fig. 338.



c. Masten für optische Signale; Telegraphenstangen.

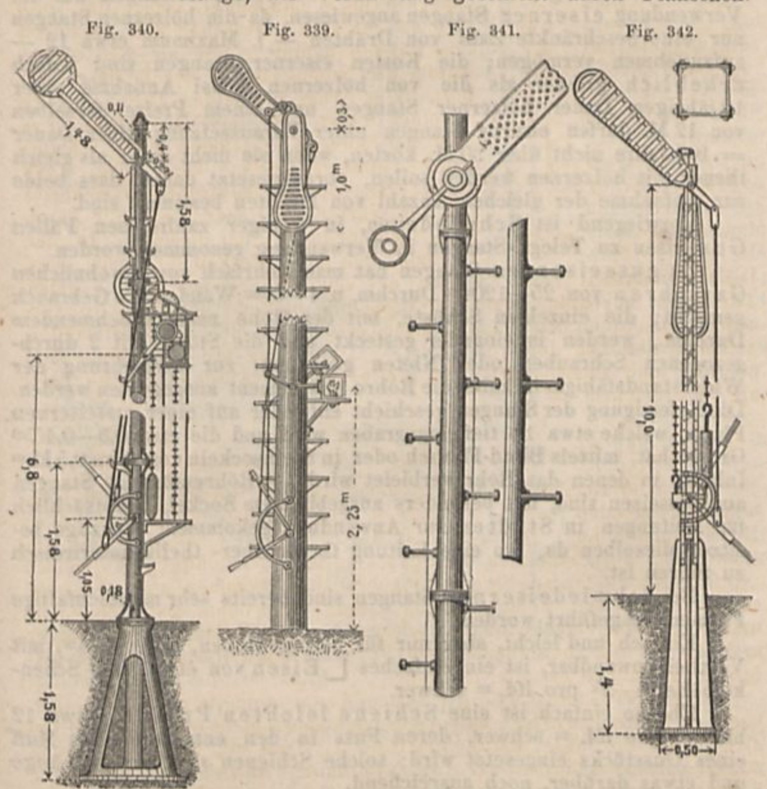
Als nahe zugehörend zu den Gegenständen, die im vorliegd. Kap. behandelt worden, sollen die Sig.- u. Telegr.-Masten hier eine kurze Erwähnung finden. Dadurch, dass die Sig.-Ordn. v. 4. Jan. 1875 gestattet, für die Ertheilung der Strecken-Sign. „Ordnung", „Vorsicht", „Gefahr" blosse Hand-Signale zu gebrauchen, kommen zwar die optischen Telegraphen, welche hierfür bislang meist benutzt wurden, mehr und mehr zum Verschwinden, doch werden zur Versinnlichung einiger anderen, als der angegebenen Signal-Begriffe hohe Masten auch fernerhin noch vielfach erforderlich sein.

Signalmasten. Die grösseren Masten sind im allgem. 6—10^{m} hoch. — Masten aus Holz haben geringe Dauer; nicht imprägnirt halten dieselben 3—5 Jahre, imprägnirt 5—8 J. Dies gilt für feuchtes und mittelfeuchtes Klima sowie für Nadelholz, während in trockenen Klimaten und bei Verwendung von Harthölzern auf etwa das Doppelte der angegebenen Zeitdauer gerechnet werden kann. Da besonders derjenige Theil des Mastes, welcher unmittelbar unter und über Terrainhöhe sich befindet, der raschen Vergänglichkeit unterworfen ist, so hat man mehrfach 2theilige Masten benutzt, bei denen das untere Stück aus besserem Holzmaterial besteht und auswechselbar ist. Diese Konstruktion ist weder genügend sicher noch billig; man ist daher häufig dazu übergegangen, für den unteren Theil Gusseisen zu verwenden. Die konstruktive Einrichtung des Fusses kann hier-

bei vielfach wechseln. 2 spezielle Konstruktionen sind folgende: 1. Auf einer Platte von etwa 0,5^m Durchm. erhebt sich ein hohles Säulenstück von im min. 1^m Höhe, das einen 0,5^m langen, 0,7^{zm} i. M. starken Dorn trägt, oder 2. Ein hohler Gusskörper, zum Einschrauben in den Boden eingerichtet, läuft oben in einen 0,3^m hohen Muff aus, der den Fuss des Holzmastes aufnimmt.

Trotz des relativ niedrigen Preises ganz hölzerner und holzeiserner Masten ist man vielfach zu ganz eisernen M. übergegangen. Neben Fig. 339, die einen Holzmast darstellt, sind in Fig. 340 die Haupttheile eines gusseisernen M. angegeben, wie solcher beispielsweise auf der Hannov. Staatsb. mehrfach verwendet worden ist. Die 5 einzelnen Schüsse, aus denen der Mast besteht, sind von übereinstimmender Länge, die Verbindung geschieht durch Flanschen.

Fig. 340. Fig. 339. Fig. 341. Fig. 342.



Der Mast hat grosses Gewicht und ist im Guss etwas schwierig; nach diesen Rücksichten beurtheilt, erscheint die Konstruktion Fig. 341 als vortheilhafter, dieselbe kommt bei dem optischen Telegraphen der Ruhr-Sieg-Bahn zur Anwendung.

Einen Mast, in seinem sichtbaren Theile ganz aus Schmiedeisen bestehend, stellt die Fig. 342 dar. Derselbe, von der Fabrik von Jüdell & Co. in Braunschweig ausgeführt, ist im Querschnitt kastenförmig aus 4 ⌊ Eisen von 40 . 40 . 6^{mm} St. mit Stabwerk aus Bandeisen gebildet; er wiegt, bei 10^m Höhe, mit allem Zubehör etwa 11 Ztr. und

wird für 420 M., loco Fabrik, geliefert. Die Konstruktionsformen sind für Anbringung der Armaturstücke günstiger als bei gusseisernem Mast, auch wirkt wahrscheinlich der Wind weniger heftig auf das offene Stabwerk als auf die undurchbrochene Fläche des Röhrenmastes ein. —

Spezielle Ausbildungen der Maste für besondere Signalformen bleiben hier ausser Betracht; es sollen nur über die Masten der elektr. Telegraphen-Leitungen noch einige Angaben gemacht werden. —

Telegraphenstangen. Bei der bedeutenden Zahl von Stangen, der grossen Häufung der Drähte und den Rücksichten auf möglichste Vermeidung von Betriebsstörungen, spielt bei den Telegr.-St. die Frage nach dem Material eine ungleich wichtigere Rolle als bei den Signal-Masten. Gezwungener Weise ist man bei vielen Leitungen auf die Verwendung eiserner Stangen angewiesen, da die hölzernen Stangen nur eine beschränkte Zahl von Drähten — i. Maximum etwa 12 — aufzunehmen vermögen; die Kosten eiserner Stangen sind jedoch erheblich grösser als die von hölzernen. Bei Annahme einer 10 jährigen Dauer hölzerner Stangen und einem Preise derselben von 12 M. dürfen eiserne Stangen unter Voraussetzung einer Dauer = 100 Jahre nicht über 30 M. kosten, wenn sie nicht mehr als gleich theuer mit hölzernen werden sollen, vorausgesetzt dabei, dass beide zur Aufnahme der gleichen Anzahl von Drähten bestimmt sind.

Vorwiegend ist Schmiedeisen, in weniger zahlreichen Fällen Gusseisen zu Telegr.-Stangen in Verwendung genommen worden.

Zu gusseisernen Stangen hat man mehrfach von gewöhnlichen Gasröhren von 25—120^{mm} Durchm. u. 4—6^{mm} Wandstärke Gebrauch gemacht; die einzelnen Schüsse, mit der Höhe nach abnehmendem Durchm., werden in einander gesteckt und die Stösse mit 2 durchgezogenen Schrauben oder Nieten gesichert; zur Vermehrung der Widerstandsfähigkeit kann die Röhre mit Zement ausgegossen werden. Die Befestigung der Stangen geschieht entweder auf einer gusseisernen Platte, welche etwa 1^{m} tief eingegraben wird und die etwa 0,3—0,4$^{\square m}$ Grösse hat, mittels Blind-Flansch oder in Steinsockeln von etwa 0,5 kb^{m} Inhalt, in denen das Rohr verbleiet wird. — Röhrenförmige Stangen aus Gusseisen sind, mit besonders ausgebildetem Sockel, hauptsächlich für Leitungen in Städten zur Anwendung gekommen; Vorzüge besitzen dieselben da, wo eine Leitung theils ober- theils unterirdisch zu führen ist.

Bei schmiedeisernen Stangen sind bereits sehr mannichfaltige Formen ausgeführt worden.

Einfach und leicht, aber nur für geringe Höhen, bis etwa 4^{m}, mit Vortheil anwendbar, ist ein einfaches ∟ Eisen von etwa 50^{mm} Schenkelhöhe, 4—5^{k} pro lfd. ^{m} schwer.

Ebenso einfach ist eine Schiene leichten Profils, etwa 12 bis 16^{k} pro lfd. ^{m} schwer, deren Fuss in den entsprechenden Muff eines Gusstücks eingesetzt wird; solche Schienen sind für 4^{m} Länge und etwas darüber, noch ausreichend.

Bei den bayerischen Telegr.-Leitungen sind zu den Stangen I Profile von 123^{mm} Höhe, 75^{mm} Breite; 7,5^{mm} Steg-, 11,5^{mm} Flanschstärke, im Gewicht von 16,5^{k} pro lfd. ^{m} vielfach zur Anwendung gekommen; die Aufstellungsweise und die konstrukt. Einzelnheiten zeigt die Normalie Fig. 343. Unter Beibehaltung desselben Profils wie angegeben, verwendet man St. von bezw. 5,0, 6,0 und 7,0^{m} Höhe, deren Eigengew. incl. desjen. der Querarme aus ∟ Eisen und der Verbindungstheile bezw. 108, 125 und 142^{k} ist. — Die Preise, incl. Anstrich und Sockel sind bezw. etwa 54, 59 und 64 M.; der Säulenfuss

wird eingebleiet, der Sockel besteht aus Granit; als Entfernung der Stangen hat man, für eine Leitung mit 16 Drähten, 44^{m} gewählt; wahrscheinlich würde man hierüber etwas hinausgehen können. —

Fig. 343. Fig. 345. Fig. 344.

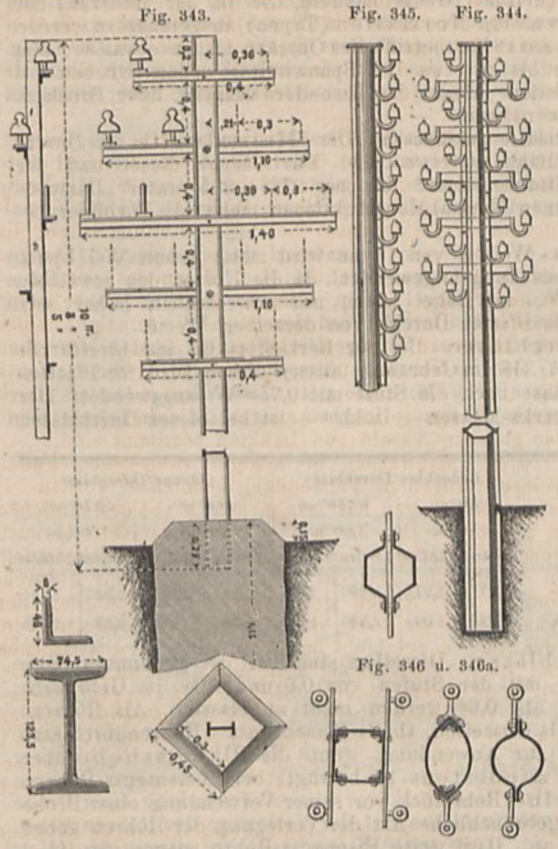


Fig. 346 u. 346a.

Besonders zahlreich sind schmiedeiserne Telegr. - Stangen in Frankreich verwendet worden, doch ist man hier zu anderen, als den schon beschriebenen Formen übergegangen, indem man die Stangen aus gefalztem (gewelltem) Eisenblech hergestellt hat. In vielfachem Gebrauch ist ein von Desgoffes angegebenes System, zu welchem die Fig. 344 als Normalie gehört; (eine andere Art der Glockenanbringung als in Fig. 344 giebt Fig. 345 an). Die Gewichte solcher Stangen sind in der nachstehenden Zusammenstellung enthalten. Diese Gewichte gelten für Säulen mit normaler Drähte-Zahl, wenn die Zahl der Drähte überreichlich wird, sind 25—33% Gewichtszuschlag erforderlich; 1 lfd.^{m} Säule stellt sich bei dem Desgoffesschen System auf 10—12 M.

Höhe ^{m}	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0
Gewicht^{k}	30,0	40,0	51,0	64,0	79,0	96,0	115,0	136,0	160,0	187,0	217,0	250,0

Eine Verstärkung der Stangen für Leit. mit scharfen Kurven oder Ecken, bezw. bei Endpfosten, ist beim System Desgoffes leicht dadurch ausführbar, dass in die Fuge zwischen den beiden Hälften ein Blechstreif eingenietet wird, der von oben nach unten hin, konform der Beanspruchung, an Breite zunimmt.

Ein paar andere, mehrfach versuchte Stangen-Querschnitte geben die Fig. 346 u. 346a an, die aber kaum als gleich zweckmässig wie die Formen beim Desgoffes'schen System bezeichnet werden können; diese beiden Systeme sind von Papin ausgeführt; für 8 Drähte, bei 7,2^{m} Pfostenhöhe, ist das Gewicht der Säule, bei System Fig. 346a, 80^{k}. —

d) Durchlässe und kleinere Brücken.

An gegenwärtiger Stelle wird es sich ausschliesslich um diejenigen Bauwerke geringer Grösse handeln, die in der Mehrzahl der Fälle auf Grund von sog. Normalien (Typen) ausgeführt zu werden pflegen. Beim Massivbau betrifft dies Objekte bis zu etwa 5^m, beim Eisenbau solche bis zu etwa 10^m Spannweite; wegen Brücken mit grösseren Spannweiten ist auf das besondere Kapitel über Brückenbau hier Bezug zu nehmen. —

1. Massive Durchlässe und Brücken. Die Minimalweite von Durchlässen unter der Bahn ist etwa $0{,}6^m$. Für Durchl. dieser und der nächst höheren Stufen können die pag. 273 — 275 unter „Rampenkanäle“ besprochenen Normal-Konstruktionen meist als Vorbilder benutzt werden.

Bei Durchlass - Weiten von 1^m an wird meist schon Wölbung anstatt Platten-Abdeckung angewendet, da die Kosten des gewölbten Durchl. von 1^m W., der Regel nach, nur unwesentlich höher sein werden, als die des Platten-Durchl. von derselben Weite.

Platten-Durchlässe. Bei der Berl.-Stett. B. sind hierfür die Konstrukt. Fig. 347, 348 im Gebrauch; ausser diesen wird für Platten- und offene Durchlässe noch die Stufe mit $0{,}75^m$ W. angewendet. Der Inhalt der Mauerwerks-Massen — in kb^m — ist bei diesen Durchlässen folgender:

Gegenstand	Bedeckter Durchlass				Offener Durchlass			
	$0{,}6^m$ w. $0{,}8^m$ h.		$0{,}75^m$ w. $1{,}0^m$ h.		$0{,}6^m$ w. 1^m h.		$0{,}75^m$ w. 1^m h.	
	1 Stirn	1 lfd. ^{m}	1 Stirn	1 lfd. ^{m}	1 Stirn	1 lfd. ^{m}	1 Stirn	1 lfd. ^{m}
Fundament-Mauerwerk	2,77	1,71	3,20	1,84	3,22	1,71	3,35	1,84
Aufgehendes Mauerwerk	1,73	1 09	2,40	1,35	2,30	1,28	2,30	1,28

Röhrendurchlässe. Dieselben sind bei der genannten Bahn für kleine Weiten, mit den Stufen von 0,6 und $1{,}0^m$, im Gebrauch; geringere Weiten; als $0{,}6^m$ werden nicht zugelassen. Als Röhrenmaterial dient theils Gusseisen, theils Zementguss. Röhrendurchlässe kommen nur dann zur Anwendung, wenn die Planumshöhe über dem Rohr-Scheitel mindestens 1^m beträgt; bei Zementguss-Röhren wird jedes einzelne Rohrstück vor seiner Verwendung einer Probe unterworfen. Die gebräuchliche Art der Verlegung der Röhren geben die Fig. 349—353 an. $0{,}6^m$ weite Eisenguss-Rohre wiegen pro lfd. ^{m} 185^k (13^{mm} Wandstärke); $1{,}0^m$ desgl., mit 17^{mm} Wandstärke, 400^k. (Ueber das Gewicht von Zementguss-Röhren vergl. die betr. Angaben auf pag. 273). —

Kleine, durch Wölbung geschlossene Durchlässe. Hierüber sind den weiterhin mitzutheilenden Beispielen einige Bemerkungen und Angaben allgemeiner Art voranzustellen.

Konstruktions-Material, Lage, Höhe und Länge der Bauwerke. Ist man durch die Höhen-Verhältnisse der Bahn in der Wahl des Konstruktions - Materials — Schmiedeisen oder Stein — völlig unbeschränkt, so verdienen die massiven gewölbten Bauten regelmässig den Vorzug vor Ausführungen in Eisen, wie dies durch den, in die Techn. Vereinb. aufgenommenen Satz: I. A. § 36. „Für Brücken ist eine solide Wölbung von (Natur-) Steinen oder guten Ziegeln, jeder Konstruktion von anderem Material vorzuziehen, wenn nicht besondere Gründe die Wahl einer Eisen - Konstrukt. vortheilhafter erscheinen lassen“, ausgesprochen ist. Dieser Satz erleidet auch

in dem Falle eine Einschränkung nicht, dass die gegebene Damm-Höhe so gross ist, dass über die vortheilhafteste Länge des Bauwerks genauere Untersuchungen nothwendig sind.

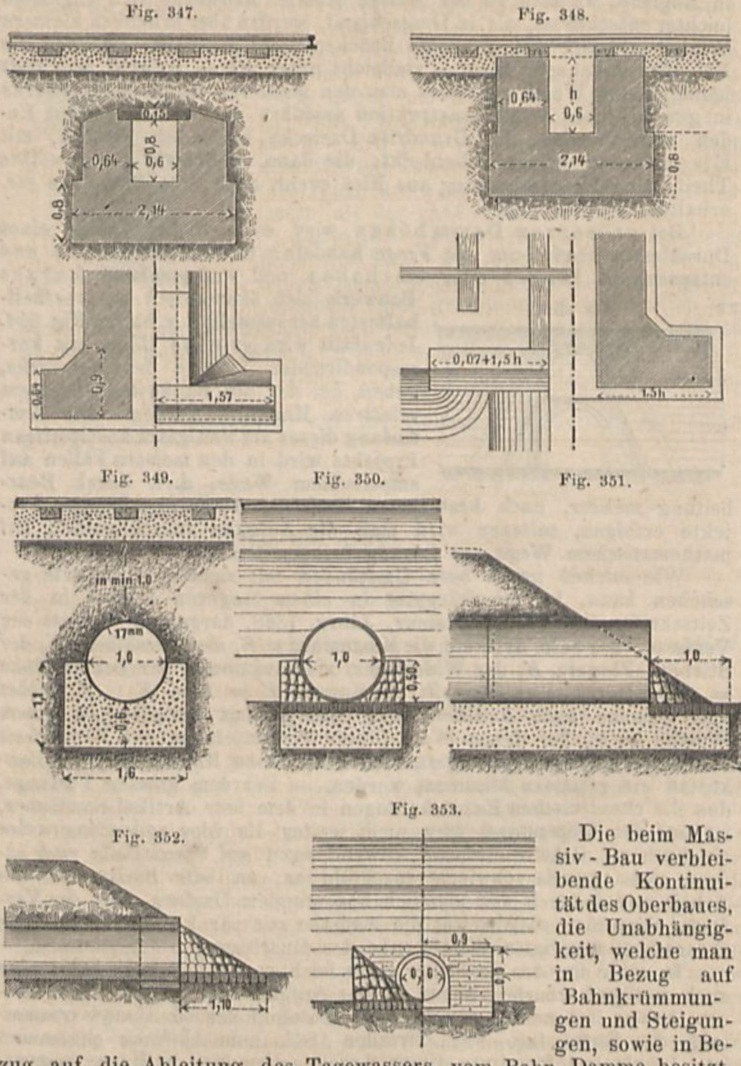


Fig. 347. Fig. 348. Fig. 349. Fig. 350. Fig. 351. Fig. 352. Fig. 353.

Die beim Massiv-Bau verbleibende Kontinuität des Oberbaues, die Unabhängigkeit, welche man in Bezug auf Bahnkrümmungen und Steigungen, sowie in Bezug auf die Ableitung des Tagewassers vom Bahn-Damme besitzt, die grössere Erprobtheit massiver Bauten und die geringe Aufmerksamkeit, welche man denselben in der Unterhaltung zuzuwenden braucht, sind allgemeine Vorzüge, welche massive Brücken vor den eisernen voraus haben. In einzelnen Fällen vielleicht kann der Umstand ins Gewicht fallen, dass die Axe des Bauwerks eine bedeutende Neigung zur Bahnaxe erhalten muss. Obgleich die Ausführung von

Flachbögen sich einem kleinen Neigungswinkel verhältnissmässig leicht anbequemt, so ist es bei deutschen Bahnen dennoch üblich, für diesen Winkel die Grenze von etwa 60° nicht leicht zu unterschreiten; in England, wo man zu der Anlage schiefer Bauwerke sich allgemein leichter entschliesst, als in Deutschland, werden aber erheblich kleinere Winkel als 60°, für gewölbte Brücken nicht gescheut. Werden die Neigungswinkel sehr klein — vielleicht unter 40° — so geht man dort häufig in der Weise vor, dass man den mittleren Theil des Bauwerks in gewöhnlicher Wölb-Konstruktion ausführt und die an beiden Enden verbleibenden, im Grundriss Dreiecke bildenden Flächen, mit Eisen-Konstruktionen überdeckt, die dann, gleichwie der gewölbte Theil, eine Ueberschüttung aus Kies event. auch eine Betonlage etc. erhalten. —

Bei grösseren Dammhöhen wird es sich bei Anlage eines Durchlasses häufig um die Frage handeln: Ob ein niedriges und entsprechend langes oder ein hohes und entsprechend kurzes Bauwerk sich ökonomisch am vortheilhaftesten herausstellt? s. hierzu Fig. 354. Jedenfalls wird es eine Höhe, mit korrespondirender Länge des Bauwerks, geben, bei der die Baukosten zu einem relativen Minimum werden. Die Auffindung dieses am wenigsten kostspieligen Projekts wird in den meisten Fällen auf empirischem Wege, d. i. durch Bearbeitung mehrer, nach bestimmten Gesichtspunkten entworfener Projekte erfolgen, seltener wird man die Aufgabe ausschliesslich auf mathematischem Wege zur Lösung bringen können.

Fig. 354.

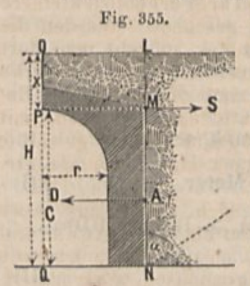
Wie solches unter betr. Umständen mit ziemlicher Schärfe geschehen kann, ist beispielsweise in einem längeren Artikel in der Zeitschrift: Der Civil-Ingenieur, Jahrg. 1868, dargelegt. Indem der Verfasser des betr. Artikels die Kosten bezw. K_1 des Gewölbes, K_2 der Stirnen (Flügel), K_3 der Widerlager, als Funktionen der lichten Höhe $= h$ des Durchlasses darstellt, die Summe $K = K_1 + K_2 + K_3$ bildet und dieselbe nach h differentiirt etc., gelangt derselbe zu einem Werthe $= h_0$, bei dessen Wahl (unter Voraussetzung der Richtigkeit der in die Rechnung eingeführten zahlreichen Konstanten) die Baukosten ein relatives Minimum werden. — Bei dem grossen Umfange, den die theoretischen Entwickelungen in dem betr. Artikel einnehmen, ist auf den Gegenstand hier nicht weiter als blos andeutungsweise einzugehen. Relativ einfache Anwendungen auf Spezialfälle sind indess nicht gerade schwierig durchführbar; an betr. Stelle wird die Arbeit nur dadurch von ziemlich bedeutendem Umfang, dass der Verfasser derselben gleichzeitig die Aufgabe mit zur Lösung bringt, die theoretisch günstigste Wölblinie des Durchlasses zu bestimmen. —

In einer für den Praktiker etwas leichter zugänglichen, dabei aber auch weniger scharfen Weise ist die Aufgabe wie vor, in einer kleinen Arbeit behandelt, die in dem Protokoll der 65. Hauptversammlung des Sächs. Ing.-Ver., Dresden 1868, zum Abdruck gekommen ist; Inhalt und Resultate dieser Arbeit sollen hier in Kürze angegeben werden.

Bei den Widerlagstärken eines Durchlasses ist zu beachten, dass, je nach Beschaffenheit des Schüttungs-Materials und der Höhe des Bauwerks im Vergleich zur Dammhöhe, entweder der Gewölbe-Schub oder der — aktive — Erddruck maassgebend sein kann. Der Verfasser des betr. Artikels hat hiernach für einige Bauwerke von

wechselnder Höhe die Ausführungs-Kosten berechnet, und gelangt zu dem Resultate, dass zwischen der kleinsten und einer mittleren Höhe die Baukosten sich nur sehr langsam ändern, und dass man daher für ein gewisses Intervall Veränderungen mit der Durchlass-Höhe vornehmen kann, ohne dass dadurch wesentliche Differenzen in den Kosten entstehen. Jedenfalls wird es nur eine Höhe des Bauwerks geben, bei welcher die Bedingung erfüllt ist: dass Gleichheit des Gewölbe-Schubes mit dem Erd-Druck stattfindet. Ein hiernach ausgeführtes Bauwerk würde im allgemeinen (die Frage der Flügelkonstruktion beiseite gelassen) als das rationellste erscheinen.

Fig. 355.



Die näherungsweise Bestimmung dieser Höhe geschieht wie folgt. Für die der Fig. 355 eingeschriebenen Bezeichnungen und bei Annahme eines gemeinsamen, gemittelten Gewichts $= \gamma_0$ für die Einheit der Gewölb- und Ueberschüttungs-Masse, ist das Moment M_1 des Gewölbeschubes annähernd:

$$M_1 = r\gamma_0 (Hx - x^2) \tag{1}$$

Ohne Rücksichtnahme auf die Kohäsion ist ferner der aktive Erddruck D:

$$D = \gamma \operatorname{tang}^2 \frac{\alpha}{2} (H - x)\left(x + \frac{H - x}{2}\right) = \gamma \operatorname{tang}^2 \frac{\alpha}{2} \frac{H^2 - x^2}{2}$$

dessen Angriffspunkt um die Grösse:

$$h = \tfrac{2}{3} \frac{H^3 - x^3}{H^2 - x^2}$$

tiefer als das Niveau der Schüttung liegt. Das Moment des Erddrucks ist daher:

$$M_2 = \tfrac{1}{6}\gamma \operatorname{tang}^2 \frac{\alpha}{2} (H^3 - 3Hx^2 + 2x^3) \tag{2}$$

Die Gleichsetzung der Werthe (1) und (2) führt — für die Bestimmung von x — auf eine Form 2. Grades, welche die Lösung der Aufgabe enthält.

Mehr anschaulich als in dieser Lösung werden die Verhältnisse, wenn man die Gl. (1) und (2) graphisch darstellt. Dabei ergiebt sich ein Schnittpunkt der beiden Kurven aus dessen Lage, wie aus der Form, welche die Kurven in der Nähe des Schnittpunktes haben, man die zugehörige vortheilhafteste Höhe h_0 des Bauwerks ermittelt, bezw. ersehen kann, wie die Verhältnisse sich ändern, wenn man aus bestimmten Rücksichten etwa gezwungen ist, statt des Werthes h_0 einen anderen, naheliegenden $= h_1$ zu wählen. — Weiteres hierzu ist in der angegebenen Quelle nachzusehen. —

Bei Durchlässen unter grossen Ueberschüttungs-Höhen wird man aus ökonomischen Rücksichten die Wölb- und Widerlagerstärke nach den Enden hin, entsprechend der Verminderung des Erddrucks, abnehmen lassen. Auf den guten Zusammenhang im Mauerwerk an denjenigen Stellen, wo plötzliche Uebergänge stattfinden, ist besonderer Werth zu legen, damit Brüche, die hier sich leicht ergeben, vermieden werden. —

Empirische Regeln zur Bestimmung der Haupttheile kleiner gewölbter Durchlässe.

Die zunächst folgenden Regeln sind aufgestellt nach bei den Hannov. Eisenb.-Bauten ausgeführten Bauwerken. Bezeichnungen:

d Wölbstärke im Scheitel,

w Lichtweite, f Pfeil $\left.\right\} \frac{w}{f} = n$ Pfeilverhältniss,

l mittlere Stärke des Widerlagers,

h Widerlagshöhe über Fundamentabsatz.

Für Halbkreis-Gewölbe mit Ueberschüttungen $h_0 < 1{,}5^m$:

$$d_0 = 0{,}22 + \frac{w}{12}(0{,}30 + 0{,}04n) \quad \text{Meter.} \tag{I}$$

Für Halbkreis-Gewölbe mit Ueberschüttungen $h_0 > 1{,}5 < 16{,}0^m$:

$$d_1 = d_0\sqrt{1 + \frac{h_0}{4{,}67}} \tag{II}$$

Die Formeln (I) und (II) gelten für Haustein; kommen Ziegel zur Anwendung, so wird meist ein Vielfaches von d_0 bezw. d_1 auszuführen sein, das bestimmt wird nach der Formel:

$$d = \binom{d_0}{d_1}\left[1 + \tfrac{1}{6}\left\{4{,}00 - 3{,}42\binom{d_0}{d_1}\right\}\right] \tag{III}$$

in welcher d_0, d_1 alternativ zu verstehen sind.

Aus der Formel:

$$e_0 = \left(0{,}42 + 0{,}17\frac{w}{2f + d} + 0{,}044h\right)\sqrt{w} \tag{IV}$$

kann bei Ueberschüttungen $h_0 < 1{,}5^m$ die mittlere Widerlagstärke berechnet werden, wogegen bei Ueberschüttungshöhen $h_0 > 1{,}5 < 16{,}0^m$ die Formel zur Anwendung kommt:

$$e_1 = e_0 + \frac{1}{54}\left(h + f + dh_0\right)\sqrt{h_0} \tag{V}$$

Andere empirische Formeln, die an Stelle der mitgetheilten zu benutzen, sind (nach Heinzerling) folgende, in denen bei Halbkreis-Gewölben r die halbe Spannweite, bei Stichbogen r den der inneren Wölblinie zugehörigen Radius bezeichnet.

a) Für Ueberschüttungen $h_0 < 1{,}5^m$:

	für Haustein	für Bruchstein	für Ziegel	
$d_0 =$	$0{,}40 + 0{,}025r$	$0{,}48 + 0{,}031r$	$0{,}43 + 0{,}028r$	(VI)

b) Für Ueberschüttungen $h_0 > 1{,}5^m$:

	für Haustein	für Bruchstein	für Ziegel	
$d_1 =$	$0{,}45 + 0{,}030r$	$0{,}55 + 0{,}037r$	$0{,}51 + 0{,}031r$	(VII)

Für Halbkreis-Gewölbe: Für Stichbögen:

$$e = 0{,}30 + 0{,}20w + 0{,}17h \qquad e = 0{,}30 + \frac{w}{8}\,\frac{3w - f}{w + f} + 0{,}17h \tag{VIII}$$

Wegen noch anderer empirischer Formeln vergl. pag. 134 Bd. II dies. Werks. —

Die Uebermauerung der Gewölbe richtet sich nach der Lage der sog. Bruchfuge desselben; jene muss um ein Stück höher hinaufgeführt werden, als derjenige Punkt liegt, in dem die äussere Wölblinie von der Bruchfuge geschnitten wird. Diese Höherführung kann bestimmt werden nach der empirischen Formel:

$$i = 0{,}15 + 0{,}03w \tag{IX}$$

sie wird gewöhnlich zu 0,3m angenommen. Von dem hierdurch festgelegten Höhenpunkte aus, der in der Hinterfläche des Widerlagers liegt, wird eine Tangente an die äussere Gewölbeleibung geführt und die Uebermauerung hiernach abgeglichen.

Die Lage der Bruchfuge kann, bei Gewölben mit einem Zentriwinkel $< 120^0$, als mit der Kämpferlinie zusammenfallend angenommen werden; bei Gewölben mit einem Z.-W. von $120-180^0$ ist diejenige Fuge als Bruchfuge anzunehmen, welche dem mit 30^0 gegen den Horizont geneigten Radius benachbart liegt. —

Nicht selten wird die Frage zu untersuchen sein: Ob es sich aus Rücksichten auf Baukosten - Ersparniss rechtfertigt, zwei erforderliche Einzel - Bauwerke, die in geringer Entfernung von einander anzuordnen sein würden, zu einem einzigen zu vereinigen und welches in diesem Falle die ökonomisch vortheilhafteste Konstruktionsart ist? Diese Frage wird nur durch spezielle Bearbeitung einer Anzahl konkurrirender Projekte mit Sicherheit zu entscheiden sein. Dabei können, je nach Lokalverhältnissen, selbst erheblich grössere als die für den speziellen Zweck genügenden Durchlass-Weiten und die Wahl einer Mehrzahl von Oeffnungen zu wesentlich reduzirten Kosten im Vergleich zu denjenigen, welche für die auf das gegebene Bedürfniss beschränkten Bauten nothwendig sind, führen. Ein spezielles Beispiel hierzu ist veröffentlicht in der Zeitschr. d. Hannov. Achit.- und Ing.-Ver., Jahrg. 1872, auf welche Veröffentlichung hier verwiesen werden muss. —

Gewölbte Durchlässe mit freier Wahl des lichten Profils. Als Konstruktions - Material ist entweder ausschliesslich natürlicher Stein oder Ziegelstein oder eine Kombination beider hier gedacht. —

Die Sohlenlage der Durchlässe wird meist parallel dem natürlichen Hang des Terrains angenommen; geht dieser jedoch über etwa $100^0/_{00}$ hinaus, so zieht man häufig eine kaskadenförmig gestaltete Sohle vor. Fig. 356—359 stellen die 3 möglichen Konstruktionsarten dar. Diejenigen mit kontinuirlicher Neigung werden im allgemeinen vorzuziehen sein, weil dabei die Brechpunkte etwas weniger geschwächt sind, als bei den anderen dargestellten Konstruktionen. Namentlich bei Durchlässen unter hohen Erddämmen, führt die stattfindende Ungleichförmigkeit der Last, ferner die Darbietung besonderer Angriffspunkte für den Druck etc. leicht Beschädigungen an den Brechpunkten herbei. — Gegen Unterspülungen am Auslauf müssen Sicherheitsmittel (Mauerschwellen etc.) angewendet werden; bei abgetreppter Fundamentsohle können diese Mittel geringer als bei ebener Sohle sein, da gerade die bei ebener Sohle stattfindende grosse Gefahr der Unterspülung es ist, die zu der Wahl der Abtreppungen Veranlassung giebt (s. Fig. 357, 358). Terrainabspülungen am Unterhaupte finden um so weniger leicht statt, je geringer die Länge der einzelnen Kaskadentheile genommen wird. — Um Verstopfungen von Kanälen mit stark geneigter oder abgetreppter Sohle zu verhüten, legt man vor dem Oberhaupt wohl eine Fanggrube für die herzu treibenden Gerölle, Erdmassen etc. an (Fig. 359).

Die Durchlass-Sohle wird mit etwa $100^0/_{00}$ Neig. ausgemuldet; bei horizontaler oder schwach geneigter Lage besteht dieselbe einfach aus einer Pflasterung von grösseren Steinen, die mit gutem Fugenschluss in hydraulischen Mörtel versetzt werden; gemauerte Heerde — durchgehende Fundamente — werden nur unter besonderen Umständen angelegt und erhalten dann meist eine, auf dem Herd liegende, in hydraulischen Mörtel verlegte Ueberpflasterung. —

Die Widerlager der Durchlässe werden mit senkrecht aufgehenden Vorderflächen ausgeführt; geneigte oder bogenförmige Flächen vermehren die Lichtweite bezw. setzen sie das Material vermehrtem Angriff aus. Der Seiten-Druck des Bodens kommt bei der relativ geringen Höhe der Widerlager für die Stärkenbestimmung dieser weniger in Betracht, da der Vertikal-Druck, den die Widerlager erleiden, gegenüber dem Seitendruck, meist im Ueberschuss auftreten wird. — Die Hinterfläche der Widerlager wird entweder mit glatter Neigung oder mit Abtreppung ausgeführt. In ersterem Falle ist der

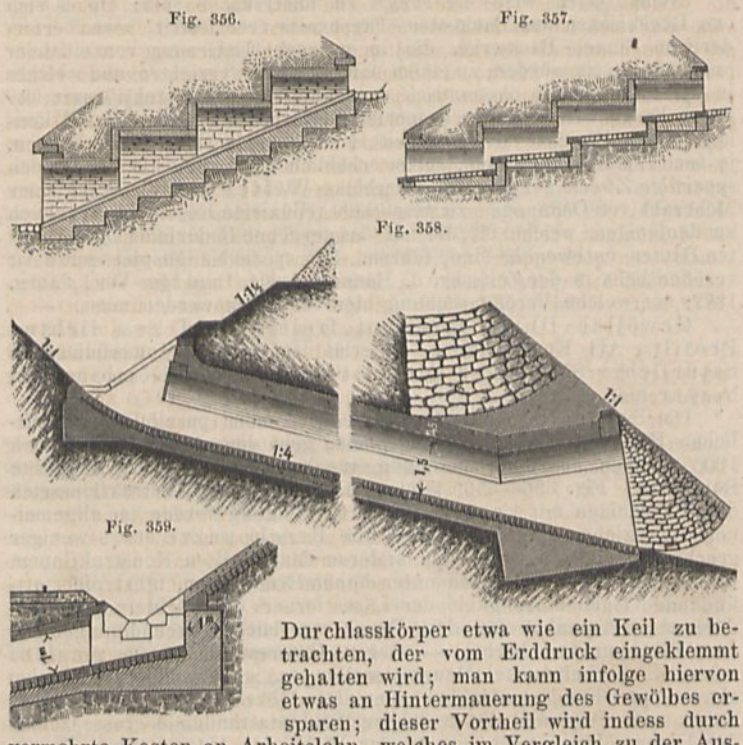
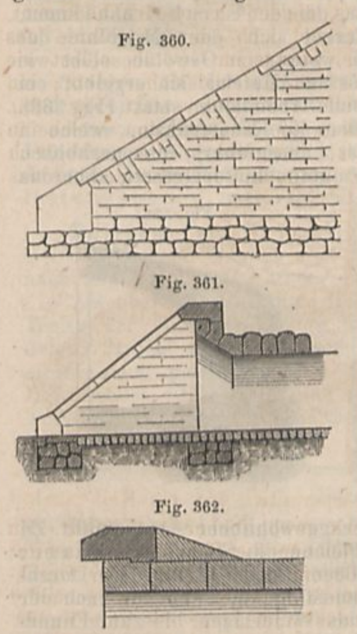


Fig. 356. Fig. 357. Fig. 358. Fig. 359.

Durchlasskörper etwa wie ein Keil zu betrachten, der vom Erddruck eingeklemmt gehalten wird; man kann infolge hiervon etwas an Hintermauerung des Gewölbes ersparen; dieser Vortheil wird indess durch vermehrte Kosten an Arbeitslohn, welches im Vergleich zu der Ausführung mit getreppter Hinterfläche entsteht, meist wieder verloren gehen. —

Die Flügel der Durchlässe werden am häufigsten mit einer geringen Neigung (etwa 1 : 4) zur Durchl.-Axe gestellt und schliessen mit kleinem Rücksprung an die Widerlager an, der, um die Gewölbeansicht frei zu lassen, nach oben hin an Breite zunimmt. Indess kommen auch sog. Parallel-Flügel, die entweder gegen die Widerlagerflucht etwas zurücktreten oder auch die unmittelbare Fortsetzung dieser bilden, häufig vor. Dieselben haben, bei der dabei stattfindenden Ermässigung des Erddrucks den Vorzug geringerer Materialmengen, sind aber für die passende Zu- und Ableitung des Wassers, für etwa durchgehenden Verkehr und für den Ueberblick des Bauwerks weniger günstig als die geneigt gestellten Flügel. Sogen. Hakenflügel wie ebenso Flügel, die bogenförmig gestaltet sind und die ihre konkave

Seite der Durchlass-Axe zuwenden, sind auf deutschen Bahnen selten im Gebrauch, kommen aber z. B. in England häufig vor, wo man es in der Regel nicht scheut, der möglichsten Sparsamkeit in den Materialmengen vermehrte Arbeitskosten zum Opfer zu bringen. — Geneigt gestellte Flügel und Parallelflügel erhalten in der überwiegenden Zahl der Fälle eine, mit der Neigung von etwa 1 : 12 aufgehende Vorderfläche; während die Hinterfläche bald treppenförmig, bald glatt, mit entsprechender Neigung, hergestellt wird. Knickpunkte — todte Ecken — an der Rückseite der Flügel beim Anschluss derselben an die Widerlager sind durchaus zu vermeiden, da sie sehr leicht Veranlassung zur Abtrennung der Flügel geben. — Die Uebermauerung der Stirnen und die Flügel erhalten meist Abdeckungen aus Platten von 15—20zm Stärke; die Deckplatten der Stirnen erhalten einen, wenige Zentim. betragenden Vorsprung; die Platten auf den Flügeln liegen fast immer bündig mit der Mauerfläche. Wassernasen der Platten sind bei den Herstellungskosten, welche sie verursachen, kaum zu empfehlen. — Die Flügelendigungen werden in solidester Weise aus einem Werkstück gebildet; haben die Flügel mehr als 4—5m Länge, so werden zur Sicherung der Lage der Deckplatten einige Werkstücke (Knotensteine) eingelegt, gegen welche die Platten sich stützen. Der Ziegelverband wird unter den Deckplatten zweckmässig so gestaltet, wie Fig. 360 angiebt. —


Fig. 360. Fig. 361. Fig. 362.

Uebermauerungen der Stirnen werden vortheilhaft nur niedrig gehalten, da dieselben erfahrungsmässig leicht abreissen. Weil man die Wirkung des Erddrucks nicht unnöthigerweise steigern soll, so ist eine Konstruktion wie nach Fig. 361 entschieden zu verwerfen, dagegen empfiehlt es sich, zur sicheren Erhaltung der Deckplatten-Lage, hinter dieser eine kleine ansteigende Mauerung anzuordnen (Fig. 362). —

Zur Abdeckung der Gewölbe dienen bei kleinen Durchlässen meist 2 Ziegel-Flachschichten, die in fettem Zement-Mörtel verlegt werden und einen Abputz aus Zement-Mörtel erhalten, der bei gutem Material und genügender Neigung der Deckschichten — 1 : 4 — jedoch als überflüssig anzusehen ist; für grössere Weiten der Durchlässe wird am häufigsten eine etwa 12 — 15mm starke Asphaltlage auf die Abdeckung gebracht. —

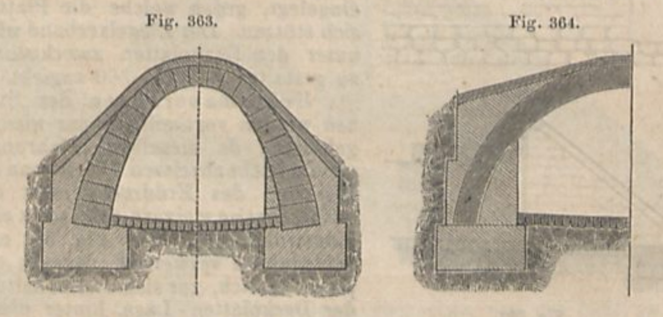
Zur Hinterfüllung der Durchlässe wird in den meisten Fällen das gewöhnliche Material der Dammschüttung benutzt; eine Umfüllung mit fettem Thonboden, 25—50zm stark, bietet jedoch, durch die damit zu erzielende Abhaltung der Feuchtigkeit und als Ausgleichsmittel des Erddrucks gewisse Vortheile. Wird eine Hinterfüllung mit Thonboden nicht angewendet, so empfiehlt es sich, in den Widerlagsmauern geringe Oeffnungen auszusparen, durch welche die zutretende Feuchtigkeit ihren Abfluss in den Durchlass nehmen

kann, ohne dass dieselbe gezwungen ist, längere Wege hinter den Widerlagern zu durchlaufen. — Die Rückseiten der in Bruchstein ausgeführten Widerlager und Flügel werden zweckmässig mit einem Ueberzug, der als sog. Rapp-Putz ausgeführt wird, versehen.

Zur Abhaltung des Sickerwassers vom Kanal wird zuweilen auch von dem Mittel Gebrauch gemacht, nur das Gewölbe mit einem Lehmschlag zu bedecken, die Rückseiten der Widerlager etc. mit einem Putz aus hydraulischen Mörtel zu versehen und hinter denselben besondere kleine Trockenmauern oder Steinpackungen von etwa 0,5m Stärke anzulegen. — Dieses Mittel erscheint kostspielig und für den Bestand des Kanals nicht gerade vortheilhaft, da bei Beschädigungen der Trockenmauern durch den Erddruck auch leicht Schäden an den Widerlagern entstehen. —

Durchlässe unter hohen Ueberschüttungen, wenn sie mehr als ein paar Meter Lichtweite haben, führt man, mit nicht unbedeutender Materialersparniss, nach einer Wölblinie aus, die der Parabel nahe kommt. Bei grossem Pfeil schliesst die Parabel sich der Mittellinie des Druckes besser an als die Kreislinie, woraus im Gewölbe selbst wie in der Hintermauerung eine Ersparniss an Material sich ergiebt; ein geringer Zuwachs findet hingegen beim Arbeitslohn statt (Fig. 363). Häufig wird bei parabolischen Gewölben die Konstruktion, welche in Fig. 363 rechter Seits, angegeben ist, ausgeführt; das parabolisch geformte Gewölbe wird zwar bis nach unten hin fortgesetzt, aber das

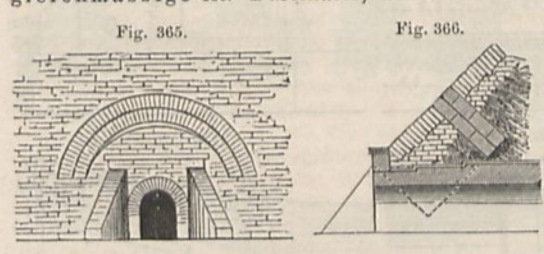
Fig. 363. Fig. 364.



Segment am Bogenfuss mit Mauerwerk gewöhnlicher Art gefüllt. (Zu diesem Gegenstande ist u. a. zu vergleichen die Schrift von Hagen: Ueber Form und Stärke gewölbter Bögen, Berlin 1862). Der Durchlasskörper gewinnt auch an Widerstandsfähigkeit, wenn das nach der Kreislinie gebildete Gewölbe durch das Widerlager bis zum Fundamentabsatz hinuntergeführt wird (Fig. 364).

Durchlässe unter hohen Dämmen sind in der ersten Zeit nach Schüttung der Dämme meist sehr stark belastet und ist die Belastung zudem eine ungleichartige. Je nach der Beschaffenheit des Schüttmaterials hat der Durchlass den Druck eines mehr oder weniger grossen Erdkörpers, der auf ihm ruhet, aufzunehmen. Unter mittleren Verhältnissen ist dieser Körper als 4seitiges Prisma zu denken, dessen untere Seitenbreite gleich der Breite des Durchlasskörpers ist und dessen seitlich liegende Flächen eine mittlere Neigung von 45° gegen die Horizontale haben; die oben liegende Seite des Prisma fällt in das Schüttungs-Niveau. Um Ungleichmässigkeiten in der Belastung des Durchlasses nach Thunlichkeit zu hindern, ist die Dammschüttung über und neben demselben mit Sorgfalt auszuführen; das Erd-Material soll thunlichst homogen sein und in schwachen Lagen festgestampft

werden; geringe Ungleichmässigkeiten finden durch die Anwendung eines feuchten Lehmschlages einen Ausgleich. — Sehr entlastet wird der Durchlass, wenn man denselben so tief einsenken kann, dass er über seine Scheitelhöhe hinaus in den gewachsenen Boden eintaucht. Von Wichtigkeit für den guten Bestand ist es ferner, dass die Druckvertheilung auf die Fundamentsohle eine möglichst gleichmässige ist. Durchlässe, deren Sohle theils in gewachsenem, theils in aufgeschüttetem Boden liegt, sind mehr oder weniger gefährdet; es ist von einer, der ganzen Länge nach stattfindenden geringen Nachgiebigkeit der Sohle weniger zu fürchten, als von Ungleichmässigkeiten in der Tragfähigkeit der Bodenschichten, die der Durchlass als Unterlagen hat. —


Fig. 365. Fig. 366.

Gegen das Abdrücken der Stirnen bei hoch überschütteten Durchlässen kann namentlich in dem Falle, dass die Böschungen des Dammes durch Steinpackung gesichert sind, mit Vortheil ein Entlastungsbogen, nach Fig. 365, 366 ausgeführt, angewendet werden. —

Beispiele von Normalien zu gewölbten Durchlässen etc. Bei der Hannov. Staatsb. sind Normal-Konstruktionen eingeführt, die nach folgenden Grundsätzen u. s. w. entworfen wurden.

Als obere Grenze für die Weite hat man 5m festgehalten, die Weite der einzelnen Stufen wechselt von 0,5 zu 0,5m; für die niedrigen Stufen wird im allgemeinen die Höhe mit der Weite übereinstimmend genommen, bei den höheren Stufen ist die Weite im Ueberschuss. Die Normalien erstrecken sich auf 13 Fälle, bei deren Aufführung in folgender Tabelle die Wölb- und Widerlagerstärken hinzugefügt sind.

Lfd. No.	Weite m	Höhe m	Durchschnittl. Widerlagerst. in Th. der Weite	Durchschn. Wölbstärke St.	Lfd. No.	Weite m	Höhe m	Durchschnittl. Widerlagerst. in Th. der Weite	Durchschn. Wölbstärke St.
1	1,00	1,00	⅓	1½	8	2,50	2,50	⅓	1½
2	1,00	1,50	„	„	9	3,00	3,00	„	„
3	1,25	1,25	„	„	10	3,50	3,00	„	2
4	1,50	1,50	„	„	11	4,00	3,50	„	„
5	1,50	2,00	„	„	12	4,50	3,50	„	„
6	2,00	2,00	„	„	13	5,00	4,00	„	„
7	2,00	2,50	„	„					

Die Fundamente werden aus Bruchstein hergestellt, die Fundament-Tiefe ist zu 1m unter Bachsohle angenommen; die beiden Fundament-Hälften werden durch Herdmauern von 0,6m Breite, die in Abständen von je 6m liegen, mit einander verbunden; bei den Durchlässen von 3m Höhe und darüber werden zur guten Querverankerung der Flügelmauern Herdmauern auch an den Flügelendigungen ange-

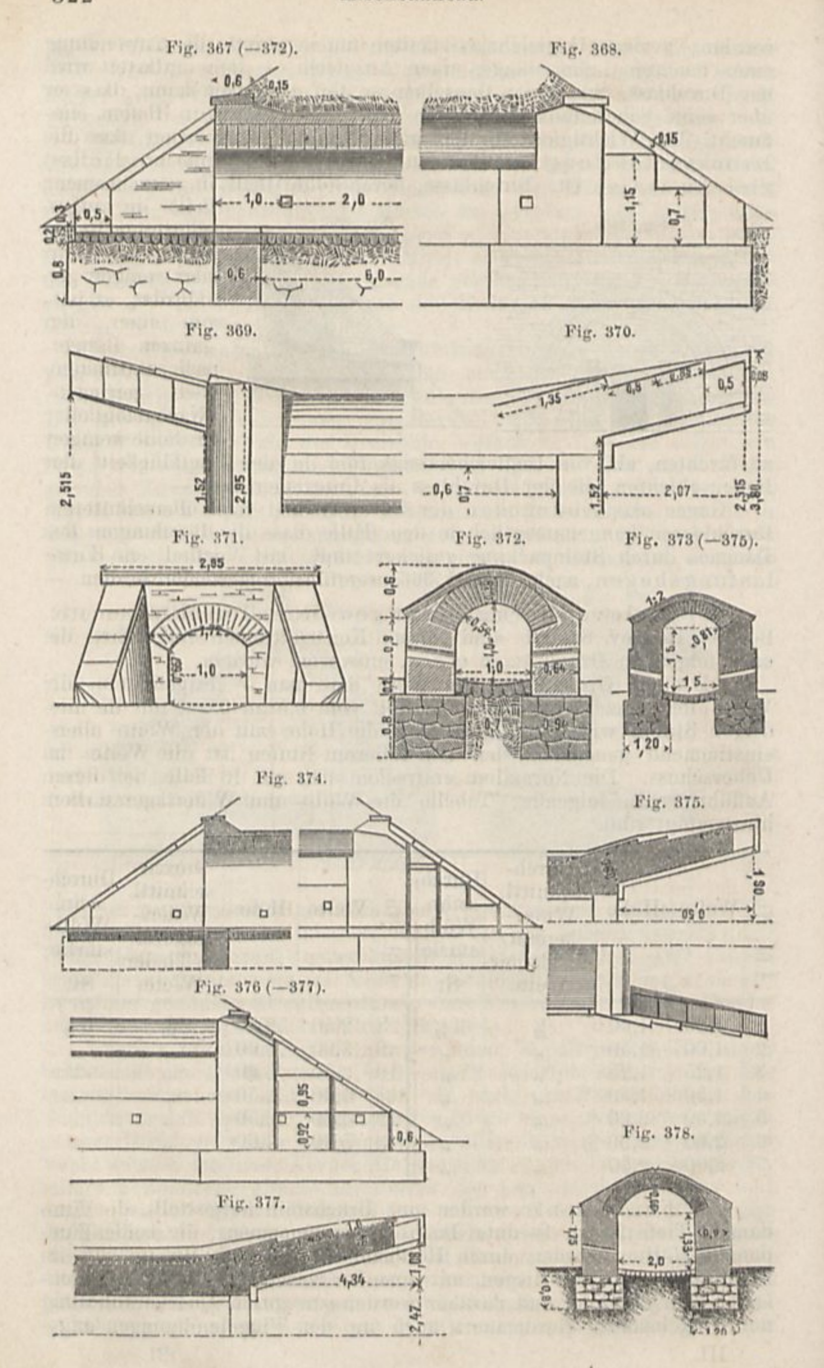
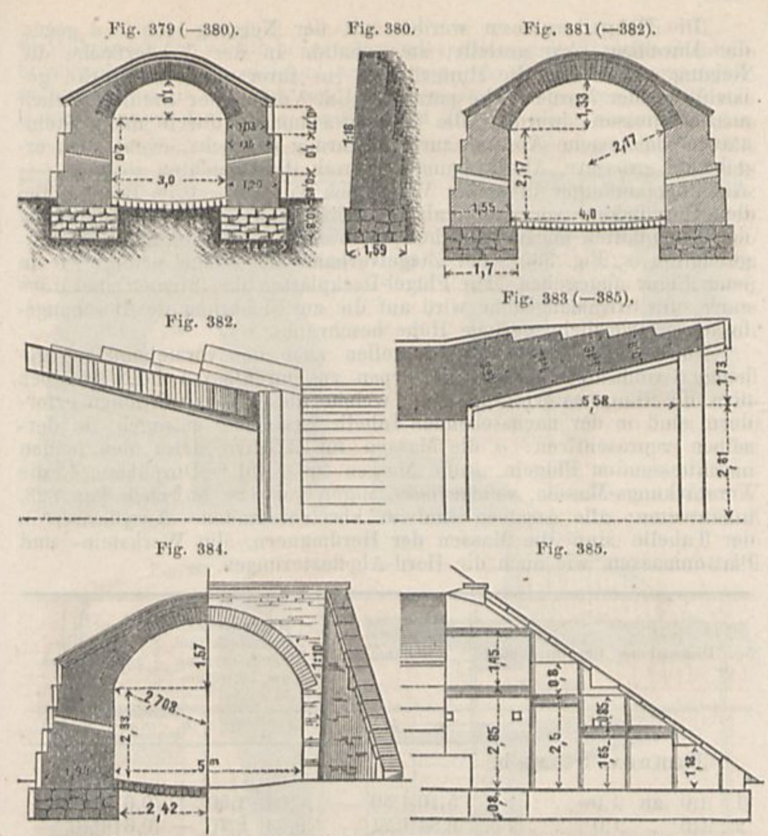


Fig. 367 (—372). Fig. 368. Fig. 369. Fig. 370. Fig. 371. Fig. 372. Fig. 373 (—375). Fig. 374. Fig. 375. Fig. 376 (—377). Fig. 377. Fig. 378.


Fig. 379 (—380). Fig. 380. Fig. 381 (—382). Fig. 382. Fig. 383 (—385). Fig. 384. Fig. 385.

legt; die Felder zwischen den Herdmauern erhalten eine Abpflasterung aus gut bearbeiteten Steinen.

Zu allen übrigen Mauertheilen des Durchlasses ausser den Fundamenten werden Ziegel benutzt.

Das Pfeilverhältniss der in Kreissegment-Form auszuführenden Einwölbung ist ⅓; die in der obigen Zusammenstellung angegebene Wölbstärke soll für die grössten vorkommenden Dammhöhen genügen, doch erhalten die Gewölbe der Stufen von 2,5; 3,0; 4,5 und 5,0^m Weite, wenn die Länge derselben von Haupt zu Haupt grösser als 12^m ist, in dem mittleren Theile eine, gegen die angegebene um ½ St. vermehrte Wölbstärke; zu den Gewölben werden keilförmig gestaltete Ziegel benutzt. — Zur Abdeckung der Gewölbe dient eine Ziegel-Flachschicht, die mit der Seitenneigung von 1 : 2 verlegt wird; bei hartem, dichten Material genügt Fugenverstrich der Flachschicht mit Zementmörtel, in anderem Falle wird eine Asphaltlage auf die Flachschicht gelegt.

Die in der obigen Tabelle angegebenen Widerlagstärken werden um ½ St. vermehrt in den Fällen, wo nach dem Vorhergehenden eine Verstärkung des Gewölbes stattfindet. — Zur Entwässerung werden in Abständen von 2^m in den Widerlagsmauern kleine Oeffnungen ausgespart.

Die **Flügelmauern** werden mit der Neigung von 1 : 4 gegen die Durchlass-Axe gestellt; sie erhalten in der Vorderfläche die Neigung von 1 : 18; die Hinterfläche (in ihrer mittleren Stärke gedacht) ist der Vorderfläche parallel. Um Verhau der Steine gänzlich auszuschliessen, werden alle Verschwächungen durch nach Steinstärken bemessene Absätze zur Ausführung gebracht, event. sich ergebende grössere Abschrägungen durch Rollschichten gedeckt. — Als Flügelanfänger dient ein Werkstück von 0,5 — 0,7m Breite. Bei den Durchlässen von mehr als 3m lichter Höhe wird zur Sicherung der Deckplatten gegen Rutschen ein besonderer **Knotenstein** eingeschaltet (s. Fig. 360); der Ziegelverband der Flügel erfolgt wie in jener Figur angegeben. Die Flügel-Deckplatten der Stirnen sind 15zm stark; die Stirnmauerhöhe wird auf die zur Sicherung des Böschungsfusses erforderliche geringe Höhe beschränkt.

Die Skizzen Fig. 367—385 stellen nach den vorstehend angegebenen Grundsätzen entworfene Typen zu Durchlässen dar. Angaben über die Hauptmaterial-Massen, welche diese Konstruktionen erfordern, sind in der nachstehenden Tabelle zusammen getragen. In derselben repräsentiren: a die Massen für 1 Stirn nebst den beiden anschliessenden Flügeln, b die Massen für 1 lfd. m Durchlass, b_1 die Verstärkungs-Massen, welche bei Längen von 12m an, nach Pag. 323, hinzutreten; alle Angaben sind in kbm verstanden. Ausgelassen in der Tabelle sind die Massen der Herdmauern, die Werkstein- und Plattenmassen, wie auch die Herd-Abpflasterungen. —

No.	Dimensionen der Durchlässe	Fundamente			Aufgehendes Mauerwerk und Uebermauerung der Gewölbe			Gewölbe-Mauerwerk		
		a	b	b_1	a	b	b_1	a	b	b_1
	Hannov. Staatsb.									
1	1,0 zu 1,0m	5,10	1,50	—	6,04	1,50	—	0,61	0,61	—
2	1,5 „ 1,0	6,84	1,71	—	9,64	2,70	—	0,61	0,61	—
3	1,25 „ 1,25	6,84	1,71	—	10,23	3,03	—	0,76	0,76	—
4	1,5 „ 1,5	6,84	1,71	—	10,40	3,19	—	0,91	0,91	—
5	1,5 „ 2,0	8,52	1,92	—	14,36	4,00	—	0,91	0,91	—
6	2,0 „ 2,0	8,53	1,92	—	15,94	4,22	—	1,06	1,06	—
7	2,0 „ 2,5	10,02	2,13	—	20,04	5,08	—	1,06	1,06	—
8	2,5 „ 2,5	10,19	2,13	0,24	20,58	5,15	0,61	1,34	1,34	0,59
9	3,0 „ 3,0	14,17	2,30	0,24	32,41	6,90	0,75	1,60	1,60	0,62
10	3,5 „ 3,0	16,97	2,75	—	38,08	6,93	—	2,60	2,60	—
11	4,0 „ 3,5	17,80	2,96	—	45,11	9,04	—	2,86	2,86	—
12	4,5 „ 3,5	18,41	3,20	0,24	52,34	10,35	0,78	3,23	3,23	0,92
13	5,0 „ 4,0	20,52	3,82	0,24	61,68	13,0	0,86	3,58	3,58	1,0
	Berl.-Stettiner B.									
1	1,0 zu 1,25m . . .	6,25	1,16	—	5,51	2,78	—	0,24	0,32	—
2	1,5 „ 1,88	9,10	2,66	—	11,57	4,38	—	0,60	0,80	—
3	2,0 „ 2,62	12,91	3,20	—	22,40	7,00	—	1,07	1,43	—
4	2,5 „ 2,62	13,44	3,44	—	22,48	7,85	—	1,30	1,73	—

Bei der Berlin-Stettiner Bahn sind für kleine Durchlässe Normalien eingeführt, von denen ein paar Typen in den Fig. 386—390 dargestellt sind. Die Mauerwerks-Massen, welche nicht unerheblich über

diejenigen bei den vorhin besprochenen Durchlässen der Hannov. Staatsb. hinausgehen, sind in gleicher Anordnung, wie bei jenen, vorstehend zusammengestellt. Zu den betr. Angaben ist zu bemerken, dass Herdmauern, ausser denjenigen am Ein- und Auslauf, nicht vorkommen. —

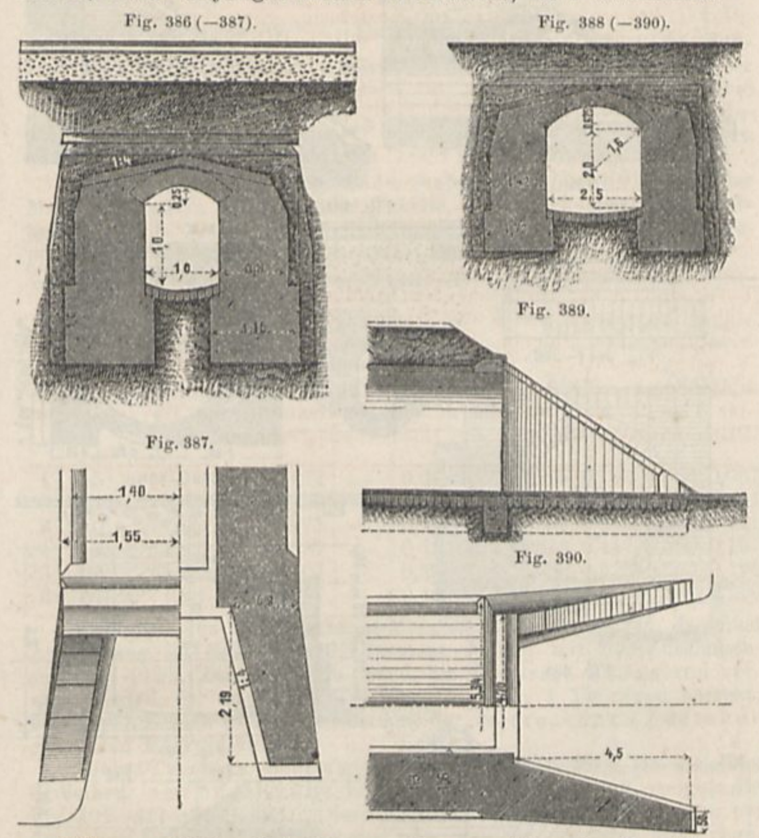


Fig. 386 (—387). Fig. 388 (—390). Fig. 387. Fig. 389. Fig. 390.

Mit wesentlicher Materialersparniss gegenüber den Durchlässen sowohl bei der Berlin-Stettiner Bahn als der Hannov. Staatsb. werden auf der Oldenburg. Staatsbahn die Durchlässe kleiner Art ausgeführt. Bis 2m Weite verwendet man, in Stufen, die um je 0,25m fortschreiten und mit 0,25m Weite als unterste Stufe beginnen, röhrenförmige Durchlässe; zu der niedrigsten Stufe dienen sog. Sielziegel (Fig. 391—393). Die höheren Stufen werden durch Mauerung gebildet, die Stufen mit 0,5 und 0,75m Weite erhalten Ringe von ½ St. Wandstärke; zu den höheren dienen 2 Ringe mit je ½ St. Stärke. An den Stirnen endigen die Ringe in einen Mauermassiv, an das sich die gerade gestellten Flügel (Parallelflügel) anschliessen; Prinzip bei der Ausführung ist, Werkstein durchaus zu vermeiden; die Endigungen und Abdeckungen werden daher durch Rollschichten gebildet.

Ausführungen nach diesen Typen, von denen einige in den Fig. 391—401 dargestellt sind, und welche in Ziegelmaterial mit Verwendung von Zement oder Trass als Mörtel bewirkt sind, setzen ein vor-

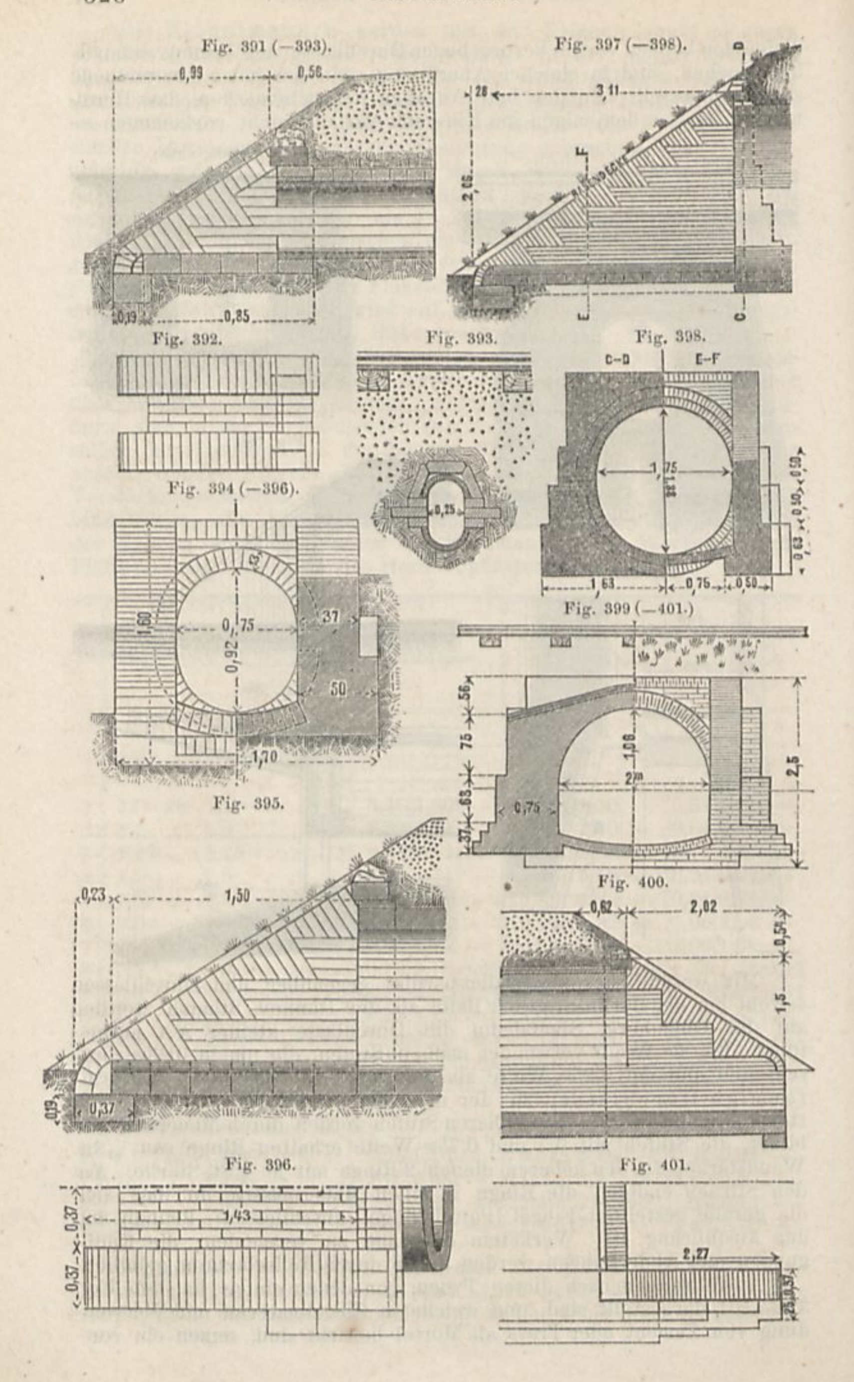


Fig. 391 (—393). Fig. 397 (—398). Fig. 392. Fig. 393. Fig. 398. Fig. 394 (—396). Fig. 399 (—401.) Fig. 395. Fig. 400. Fig. 396. Fig. 401.

zügliches Material, wie es in dortiger Gegend üblich ist, grosse Sorgfalt beim Bau und bei der Unterhaltung, wie andererseits auch einen nicht beträchtlichen und nicht gerade schweren Bahnverkehr voraus.

Die Materialmengen in den beiden extremen Stufen, von bezw. 0,25 und 2,0m Weite, sind folgende:

Durchlass von 0,25m W.		Durchlass von 2,0m W.		
1 Stirn kbm	1 lfd. m Durchlass kbm	1 Stirn kbm	1 lfd. m Durchlass kbm	Das Sohlenpflaster ist hierbei nicht eingerechnet.
0,56	0,10 u. 1 lfd. m Sielziegel	8,10 0,44	1,46 aufgehd. Mauerwerk 1,76 Gewölb- Mauerwerk	

Für die zwischenliegenden Stufen von 0,50 bis 1,75m ist der Materialbedarf in nachstehender Tabelle, welche gleichartig mit derjenigen auf S. 324 eingerichtet ist, zusammengestellt; die Sohlenabpflasterung vor den Stirnen ist dabei nicht einbezogen.

No.	Weite der Durchlässe	Fundamente und aufgehendes Mauerwerk		Wölb-Mauerwerk		Mörtel-Materialmengen bei der Ausführung im Nassen		Trocknen	
		a	b	a	b	a	b	a	b
1	0,5 zu 0,6m . .	0,77	—	0,07	0,29	0,225	0,100	0,086	0,037
2	0,75 „ 0,90 . . .	1,50	—	0,10	0,39	0,564	0,135	0,192	0,051
3	1,0 „ 1,15 . . .	2,75	—	0,26	1,04	0,850	0,375	0,336	0,141
4	1,25 „ 1,37 . . .	3,87	—	0,31	1,24	1,313	0,447	0,530	0,167
5	1,5 „ 1,6 . . .	5,04	—	0,36	1,44	1,660	0,520	0,635	0,195
6	1,75 „ 1,88 . . .	6,67	—	0,40	1,60	2,100	0,590	0,800	0,220

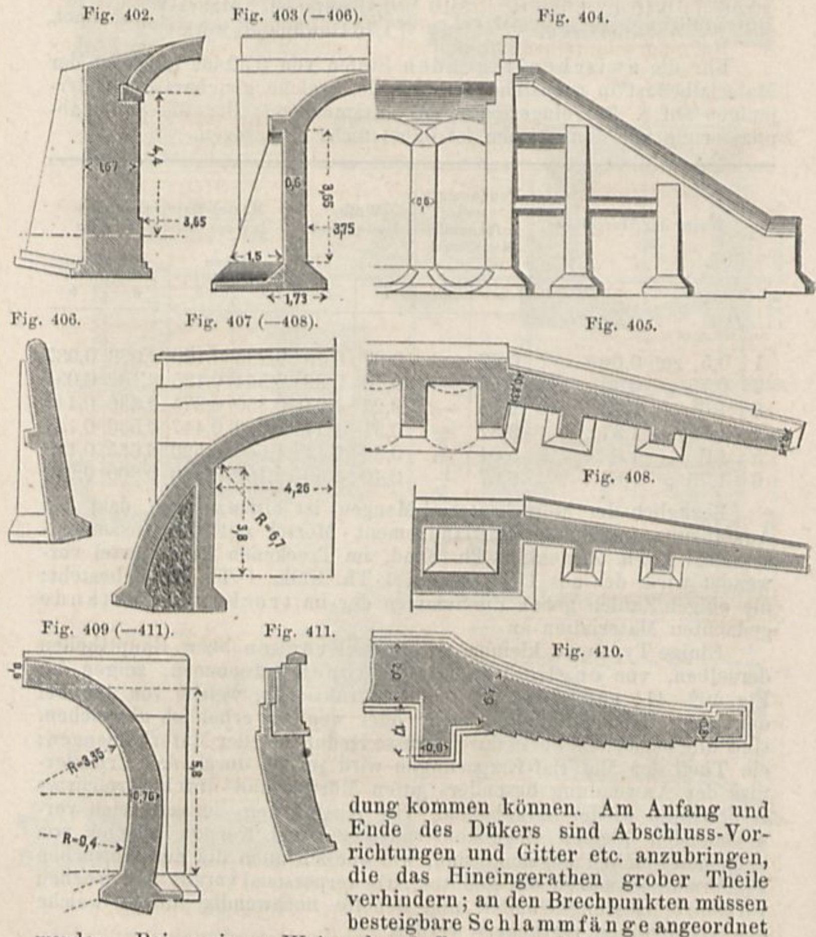
Bezüglich der Mörtelmaterial-Mengen ist hinzuzufügen, dass bei Ausführung im Nassen Portlandzement-Mörtel mit der Zusammensetzung: 1 Th. Zement, 2 Th. Sand, im Trockenen Trassmörtel verwendet wird, der aus 1 Th. Trass, 1 Th. Kalk, 1 Th. Sand besteht; die obigen Zahlen geben die Summen der im trockenen Zustande gedachten Materialien an. —

Einige Typen zu kleinen gewölbten Brücken bezw. Hauptheilen derselben, von englischen Eisenbahnen entnommen, zeigen die Fig. 402—411 auf S. 328. Diese Konstruktionen, welche von den bei deutschen Bahnen üblichen mehr oder weniger erheblich abweichen, sind alle bemerkenswerth durch grosse Reduktion der Materialmengen; ein Theil der Material-Ersparungen wird jedoch durch das Erforderniss der Anwendung besonders guten Mörtels und durch vermehrtes Arbeitslohn wieder aufgehoben. Die Ausführung der zahlreich vorkommenden kleinen Bogenkonstruktionen und Körper, welche von krummen Flächen begrenzt sind, wie endlich auch die der schwachen Pfeilermauern setzen ein geübtes Arbeiterpersonal voraus und machen vermehrte Rüstungsarbeiten und Behelfe nothwendig, durch welche die Arbeitslöhne vertheuert werden. —

Dücker. Bei einer solchen Beschränkung der disponiblen Konstruktions-Höhe, die es nothwendig macht, die Sohle des Wasserlaufs an ihrer Durchtrittsstelle durch den Bahnkörper so tief zu senken, dass der Wasserspiegel eine Depression erleidet, entstehen die sog. Dücker — Durchlässe, welche von innen aus einen mehr oder weniger grossen Druck erleiden und deren ganze innere Fläche dem

entsprechend mehr oder weniger angegriffen wird. Da es nöthig werden kann, die Düker zeitweilig trocken zu legen, so darf bei Bemessung der Wölb- und Widerlager-Stärken auf den inneren Druck, wenn dieser kleinere Dimensionen als der äussere liefert, nicht allein Rücksicht genommen werden.

Am einfachsten gestaltet sich die Konstruktion der Düker, wenn man mit Röhren ausreichen kann, die man am besten aus Eisen nimmt; Thonröhren werden weniger oft zureichend sein; häufig wird auch ein röhrenförmiger gemauerter Kanal zur Anwen-



dung kommen können. Am Anfang und Ende des Dükers sind Abschluss-Vorrichtungen und Gitter etc. anzubringen, die das Hineingerathen grober Theile verhindern; an den Brechpunkten müssen besteigbare Schlammfänge angeordnet werden. Bei geringer Weite der Oeffnung empfiehlt es sich, eine eiserne Kette in das Rohr zu legen, durch deren Hin- und Herziehen etwaige Abfluss-Hindernisse beseitigt werden.

Ein betr. Fall ist in schematischer Weise in Fig. 412 dargestellt. Die Fig. 413 — 416 beziehen sich auf 2, verhältnissmässig einfache Spezialfälle. Relativ günstig ist die röhrenförmige Bauart nach Fig.

415, 416, weniger günstig die Konstruktion mit flachem Gewölbe und Widerlager nach Fig. 413, 414; mehr als für losen Boden ist letztere Konstruktion dann zu empfehlen, wenn es sich um angeschnittenen Felsboden handelt, der die starken künstlichen Widerlager, event. auch die gemauerte Sohle entbehrlich macht. —

Schwieriger als die beiden Fälle, auf welche sich die Fig. 413—416 beziehen, ist derjenige Fall, für welchen die Fig. 417—419 eine Lösung darstellen. Derselbe ist von der Berl.-Dresdener Bahn (s. Zeitschr. d. Hann. Archit.- u. Ing.-Ver., Jahrg. 1875) entnommen und betrifft eine in Cossebauda ausgeführte Bach-Verlegung nebst Abtrennung und Durchführung eines Theils von der Wassermenge des Baches durch den tief eingeschnittenen Bahnkörper. Unmittelbar neben dem Einlauf

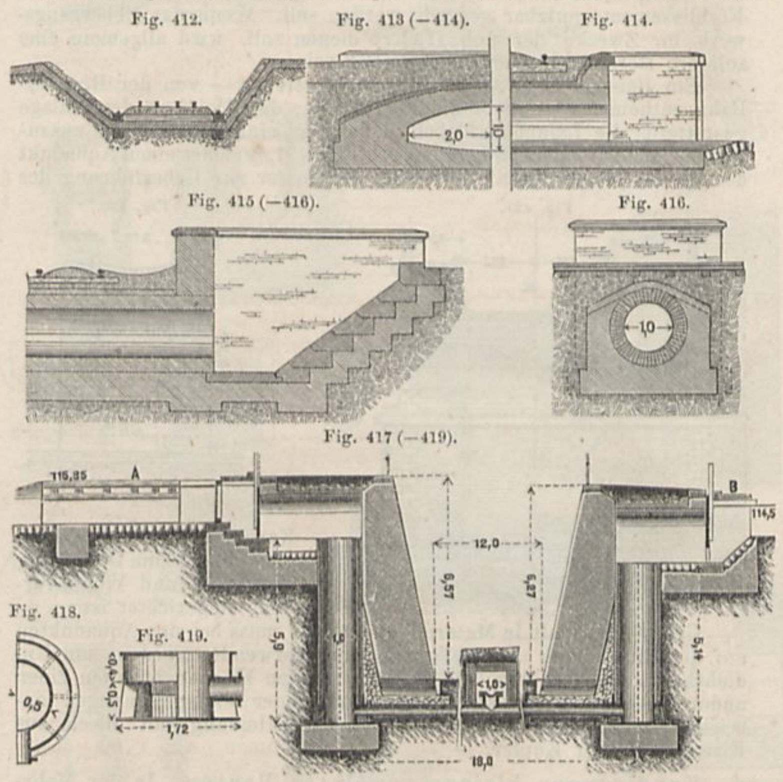


Fig. 412. Fig. 413 (—414). Fig. 414.

Fig. 415 (—416). Fig. 416.

Fig. 417 (—419).

Fig. 418. Fig. 419.

bei *A* führt über den abgetrennten Zweig eine kleine Wegebrücke; der Einlauf ist mit Gitter und Schieber sperrbar, auch vor dem Auslauf bei *B* befindet sich ein Gitterabschluss. Die Tiefe bis unter den Bahnkörper wird theils durch eine Kaskade, theils durch einen vertikal gestellten, gemauerten Schacht erreicht, der in einem eisernen Gehäuse, welches gleichzeitig als Schlammfang vorgerichtet ist, seine Unterstützung findet (Fig. 418, 419). Unter der Bahn liegt ein eisernes Rohr von 300mm Weite und 12mm Wandstärke, das in halber Länge durch einen besteigbaren Kasten, in welchem ein Rohrstutzen liegt, zugänglich ist. Wegen Raummangel sowohl an derjenigen

Seite, wo die Bach-Verlegung ausgeführt worden ist, als auch an der gegenüberliegenden Bahnseite ist an dieser Stelle eine geringe Länge des tiefen Bahn-Einschnittes beiderseits mit Futtermauern eingefasst worden. —

Aquadukte. Bei grösserer Mächtigkeit eines die Bahn an einer Einschnittsstelle kreuzenden Wasserlaufs und bei reichlicher Tiefe des Einschnitts, ebenso auch bei bestimmten Nutzungsweisen des Wasserlaufs kann, bezw. wird die Ausführung eines Aquadukts an Stelle eines Dückers in Frage stehen. In häufigen Fällen wird zur Ueberführung ein einfaches, in Holz-Konstruktion hergestelltes Bauwerk benutzt; insbesondere pflegt Holzbau dann fast immer gewählt zu werden, wenn der betr. Wasserlauf für den Betrieb industrieller Etablissements nutzbar gemacht werden soll. Wenn das Uebergangswerk für Zwecke der Schiffahrt dienen soll, wird allgemein eine solidere Herstellungsweise nothwendig sein.

Ein Beispiel einer Ausführung in Massivbau — von der Brenner-Bahn entnommen — giebt die Fig. 420 an; die Kleinheit der Anlage gestattete, die Leinpfade dabei in denkbar einfachster Weise auszubilden. Bedeutender ist das Bauwerk Fig. 421, welches einen Aquadukt des Rhein-Marne Kanals darstellt, der ausser zur Ueberführung des

Fig. 421.

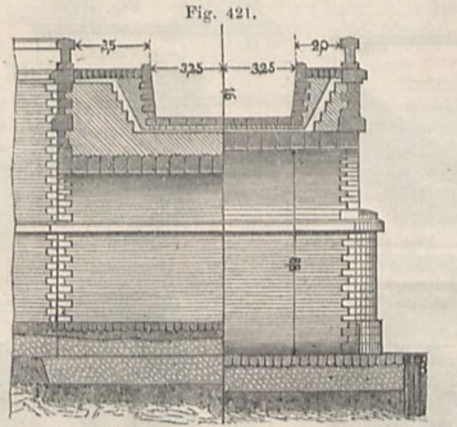
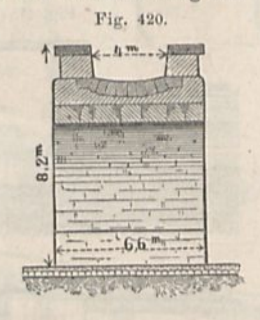


Fig. 420.



Kanals über ein Flussthal gleichzeitig zum Uebergang von Fuss- und Wagenverkehr eingerichtet ist.

Grösste Sorgfalt in Material und Arbeit muss bei den Aquadukten auf die Einwölbung und Uebermauerung verwendet werden, um Undichtheiten zu verhüten; die wasserberührten Flächen erhalten einen undurchlässigen Ueberzug aus Asphalt oder einem sonstigen zureichenden Material, besser noch eine Verkleidung mit Blech aus Eisen, Blei oder Kupfer. —

Fundirungen kleiner gewölbter Bauten. In der Mehrzahl der Fälle wird eine künstliche Fundirung — Rost, Betonschüttung, Einfassung der Fundamente mit Spundwänden etc. — nicht erforderlich sein. Sowohl diese Fundirungsarten als auch die gewöhnliche einfache Art der Fundirung sind hier zu übergehen. Es soll nur in Kürze die Fundirung mittels Senkbrunnen, welche in neuerer Zeit auch bei kleinen Bauwerken und geringer Tiefenlage der tragfähigen Bodenschichten mehrfach angewendet worden ist, hier vorgeführt werden. Die Fig. 422—424 zeigen die Fundirung eines kleinen Durchlasses von der Wannensee-Bahn; das kbm Brunnenmasse mit Ausfüllung, Schling und allen Nebenkosten hat sich dabei

auf 80 M. gestellt; dieser hohe Preis ist theilweise durch abnorme Konjunkturen, theilweise durch die Kleinheit der Brunnen entstanden. Hätte man dieselben grösser angenommen und daneben die Theilung durch eine Zunge, als unnöthig, fortgelassen, so würde eine erhebliche Kostenreduktion erzielt worden sein.

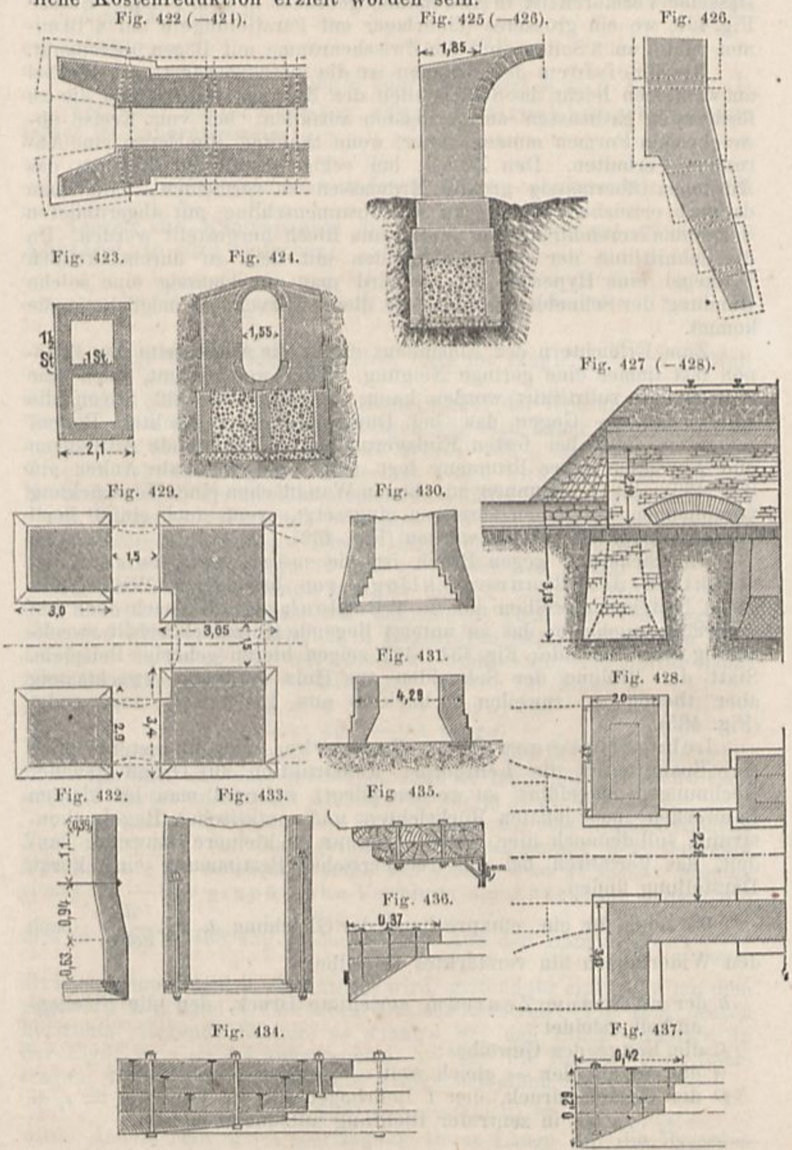


Fig. 422 (—424). Fig. 425 (—426). Fig. 426. Fig. 423. Fig. 424. Fig. 427 (—428). Fig. 429. Fig. 430. Fig. 431. Fig. 428. Fig. 432. Fig. 433. Fig. 435. Fig. 436. Fig. 434. Fig. 437.

Eine ähnliche Ausführung von derselben Bahn, wobei die Kosten sich auf nur 65 M. pro kb^{m} Brunnenmasse stellten, zeigen die Fig. 425, 426.

Anstatt der unmittelbaren Aneinanderrückung der Brunnen, wie in den vorgeführten beiden Fällen, kann mit Erzielung von Kostenersparniss eine Ausführungsweise nach Fig. 427, 428 gewählt werden, bei der die Brunnen mit Zwischenraum von etwa 2^m gestellt sind. — Dasselbe Verfahren ist in Anwendung gebracht in dem Beispiel Skizze Fig. 429, wo ein grösseres Widerlager mit Parallelflügeln auf 4 Brunnen ruht; an 3 Seiten sind die Zwischenräume mit Bögen überspannt.

Die Kreisform der Brunnen ist die zweckmässigste, da hierbei am wenigsten leicht das Schiefstellen der Brunnen eintritt und die zu fördernden Erdmassen am geringsten ausfallen; bei vom Kreise abweichenden Formen müssen daher, wenn thunlich, die Ecken eine Abrundung erhalten. Den Zweck, bei eckig gestalteten Brunnen das Ausheben übermässig grosser Erdmassen zu vermeiden, kann man dadurch erreichen, dass man den Brunnenschling mit abgerundeten Schneiden versieht, die am besten aus Blech hergestellt werden. Da die Schnittlinie der ebenen Schneiden mit dem zu durchsinkenden Erdkegel eine Hyperbel ist, so wird man zweckmässig eine solche Rundung der Schneiden wählen, die dieser Kurvenform möglichst nahe kommt.

Zum Erleichtern des Einsinkens erhält die Aussenseite der Brunnen fast immer eine geringe Neigung, wofür, weniger gut, auch eine Abtreppung substituirt werden kann; die Fig. 430—432 zeigen die betr. Fälle. — Gegen das bei Durchsinkung gemischter Bodenschichten, oder bei festen Einlagerungen zu fürchtende Aufhängen und Abreissen eines Brunnens legt man wohl vertikale Anker ein (Fig. 433). Ist bei Brunnen mit ebenen Wandflächen einer Verdrückung vorzubeugen, so können Spreitzen eingesetzt, event. auch einige horizontale Anker eingezogen werden (Fig. 432).

Zur Sicherung gegen Bruch ist die möglichst steife Konstruktion der Brunnenschlinge von besonderer Wichtigkeit. Meist bestehen dieselben aus 2—4 Bohlenlagen, die nach oben hin an Breite zunehmen; das zu unterst liegende Holzstück erhält zweckmässig eine Schneide; Fig. 434—437 zeigen hierzu gehörige Beispiele. Statt der Bildung der Schneiden aus Holz werden — zweckmässig aber theuer — zuweilen Schneiden aus Eisenblech angewendet (Fig. 435). —

Lehrgerüste gewölbter Bauwerke. Obwohl erst für grössere Spannweiten die Lehrgerüst-Konstruktion auf Grund genauer Rechnungen ausgeführt zu werden pflegt, während man bei kleinen Bauwerken nach lokalen Rücksichten und praktischen Regeln konstruirt, soll dennoch hier, wo es sich nur um kleinere Bauwerke handelt, das Verfahren bei der rechnerischen Bestimmung eine kurze Darstellung finden.

Es seien für ein, entsprechend der Gleichung $d_1 = \frac{d}{\cos \varphi}$ nach den Widerlagern hin verstärktes Gewölbe:

k der nach dem Zentrum gerichtete Druck, den die Flächeneinheit erleidet;
L die Länge des Gewölbes;
n die Anzahl der — gleich weit — gestellten Lehrbögen;
D der Gesammtdruck, den 1 Lehrbogen für die Länge $s_0 = s_1 + + s_2 \ldots . s_n$ in zentraler Richtung aufzunehmen hat;

---

*) Näheres hierzu s. Zeitschr. f. Bauw., Jahrg. 1874, pag. 322, ferner Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Archit.-Ver., Jahrg. 1870, pag. 223 und Zeitschr. des Bayer. Archit.- u. Ing.-Ver., Jahrg. 1874, pag. 52.

s die allgemeine Bezeichnung der Länge eines zwischen 2 Knotenpunkten des Gerüstes liegenden Bogenstücks;
ϱ der zugehörige Krümmungshalbmesser, für die innere Leibung;
f der Reibungskoeffizient zwischen Stein und Mörtel;
α der Winkel, den die Richtung einer beliebigen Fuge mit einer Vertikalen bildet;

so ist:

$$k = gd\,(1 - f\ \mathrm{tang}\,\alpha) \text{ oder abgekürzt } k = g\,.\,\xi \qquad (1)$$

worin der Faktor ξ die sog. zentrale Druckhöhe bezeichnet; ferner ist näherungsweise:

$$D = 2\frac{L}{n-1}\,g\cdot(\xi_0 s_1 + \xi_1 s_2 + \xi_2 s_3 + \ldots\ \xi_{n-1} s_n) \qquad (2)$$

Liegen die Knotenpunkte der Lehrbögen alle mit gleichem Abstand, so wird einfacher:

$$D = 2\frac{L}{n-1}\,gs\,(\xi_0 + \xi_1 + \xi_2 + \ldots\ \xi_{n-1}) \qquad (3)$$

Aus der Gl. (1) folgt zunächst, dass für $\mathrm{tang}\,\alpha = \frac{1}{f}$, k zu Null wird; über einen — halben — Zentriwinkel der Wölbung, der diesen Werth von α überschreitet, hinausgehend, wird daher das Lehrgerüst entbehrlich sein. Der numerische Werth von α max. ist in weiten Grenzen schwankend; der Sicherheit wegen wird man aber den sog. Reibungswinkel, der das Komplement zu α bildet, nach den kleinsten, durch Versuche ermittelten Werthen und danach α max. möglichst gross anzunehmen haben. Nimmt man jenen Reibungswinkel zu 20 bis 24°, also im Mittel zu 22° an, so ergiebt sich α max. $= 90 - 22 = 68°$ und ist danach tang α max. $=$ tang $68° = 2{,}50$ und $f = 0{,}40$. Das Lehrgerüst nun kann auf denjenigen Theil der Wölbung beschränkt werden, der zwischen 2 Lagerfugen liegt, welche den Zentriwinkel $= 2\alpha = 136°$ mit einander einschliessen, und hierfür erhält man die numerisch näher bestimmten Werthe für ξ und k:

$$\xi = d\,(1 - 0{,}4\ \mathrm{tang}\,\alpha) \text{ und}$$
$$k = gd\,(1 - 0{,}4\ \mathrm{tang}\,\alpha)$$

Es folgt hieraus, dass nach dem Scheitel hin die Belastung der Lehrbögen zunimmt und dass jeder Wölbstein so lange den grössten Druck auf das Gerüst ausübt, als derselbe zu oberst liegt.

Anschaulicher werden diese Sätze, wenn man statt des analytischen Verfahrens, wie vor durchgeführt, zur Bestimmung der zentralen Druckhöhe ξ — welchem Werthe der Druck $k = g\xi$ direkt proportional ist — das graphische Verfahren zur Anwendung bringt, wie dies in den Fig. 438, 439 geschehen ist. Aus den Längen $d_1 = \frac{d}{\cos\alpha}$ als Hypothenuse und d als Kathete wird, geltend für eine Fuge mit dem zugehörigen Winkel α, ein rechtw. Dreieck konstruirt (Fig. 439), dessen horizontal liegende Kathete $= d\ \mathrm{tang}\,\alpha$ ist; das Stück $fd\ \mathrm{tang}\,\alpha$ (in der Figur ist $f = 0{,}4$ angenommen) ist auf die Kathete d zu übertragen, wodurch die verbleibende Länge derselben zu:

$$d - fd\ \mathrm{tang}\,\alpha = d\,(1 - f\ \mathrm{tang}\,\alpha) = \xi$$

wird. Indem man die Uebertragung dieser Länge auf die Hypothenuse des Dreiecks und von da in die Gewölbeansicht ausführt, erhält man einen Punkt der Begrenzung der zentralen Belastungshöhe und

kann, in gleicher Weise fortfahrend, beliebige weitere Punkte der Kurve der zentralen Belastungshöhe bestimmen.

Wegen der der Rechnung zu Grunde gelegten Voraussetzung sind die Resultate, welche man erhält, bei solchen Gewölben, die

Fig. 438.

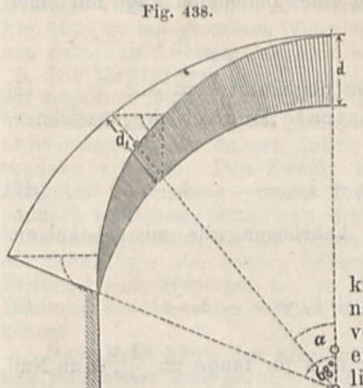
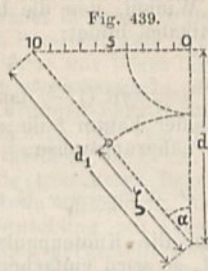


Fig. 439.



konstante Stärke haben, nur annähernd richtig; die Abweichungen von der Wirklichkeit fallen indess erst bei den nach den Enden hin liegenden Theilen der Lehrbögen ins Gewicht, während dieselben für den am stärksten belasteten und daher für die Konstruktion maassgebenden Mitteltheil als verschwindend klein angesehen werden können. —

Die konstruktive Ausführung der Lehrgerüste ist vielfach durch Rücksichten lokaler Art, in geringem Maasse nur durch allgemeine Rücksichten bedingt. Vom wesentlichsten Belang sind die Beschaffenheit der Baustelle und die Höhenlage des Wasserspiegels im Vergleich zur Gewölbehöhe; diejenigen Theile, welche zum Ausrüsten dienen, müssen beispielsweise über Wasser angeordnet werden. Da zur Erleichterung des Ausrüstens es günstig ist, wenn jene Theile möglichst unmittelbar unter den Lehrbögen angebracht sind, so wird es sich fast immer empfehlen, dieselben hoch, nicht niedrig am Fusse der Gerüste, anzuordnen. Da der Druck, den das Lehrgerüst erleidet, nach der Mitte hin zunimmt und da ferner derselbe eine zentrale Richtung hat, so wird die Stützung der Lehrbögen im Zentrum sowie die Stellung der die Lehren tragenden Theile — Streben — nach radialer Richtung im allgemeinen vortheilhaft sein. — Möglichste Unwandelbarkeit des Lehrgerüstes unter dem wachsenden Gewölbedruck ist nothwendig, daher die Konstruktion unverschiebbar einzurichten und zu empfehlen, das Wölbmaterial vor seinem Gebrauch auf dem Lehrgerüst zu lagern und dasselbe dort gleichmässig zu vertheilen. Spreng- und Hängewerks-Konstruktionen stehen wegen ihrer grösseren Wandelbarkeit den unterstützten Konstruktionen nach; Aufklauungen von Hirnholz auf Langholz und ähnliche Zusammenfügungen sollten möglichst wenig verwendet werden; im allgemeinen ist die Zahl der Holzverbindungen thunlichst zu beschränken. — Die Weite, mit der die Lehrbögen gestellt werden, wechselt je nach dem Schal-Material zwischen 1 und 2^m; die einzelnen Lehrbögen sind untereinander durch Unter- oder Ueberzüge, durch Kreuzstreben etc. in feste Verbindung zu bringen, es muss ein durchgehendes Auflager vorhanden sein, damit nicht partielle Lockerungen bei Ausführung des Gewölbes entstehen können und damit auch das Ausrüsten für die ganze Gewölbfläche möglichst gleichzeitig erfolgt. Die Stellvorrichtungen — Keile, Schrauben, Exzenter etc. — müssen soviel Spielraum gewähren, dass beim Setzen des Gewölbes, welches je nach Witterungs- und sonstigen

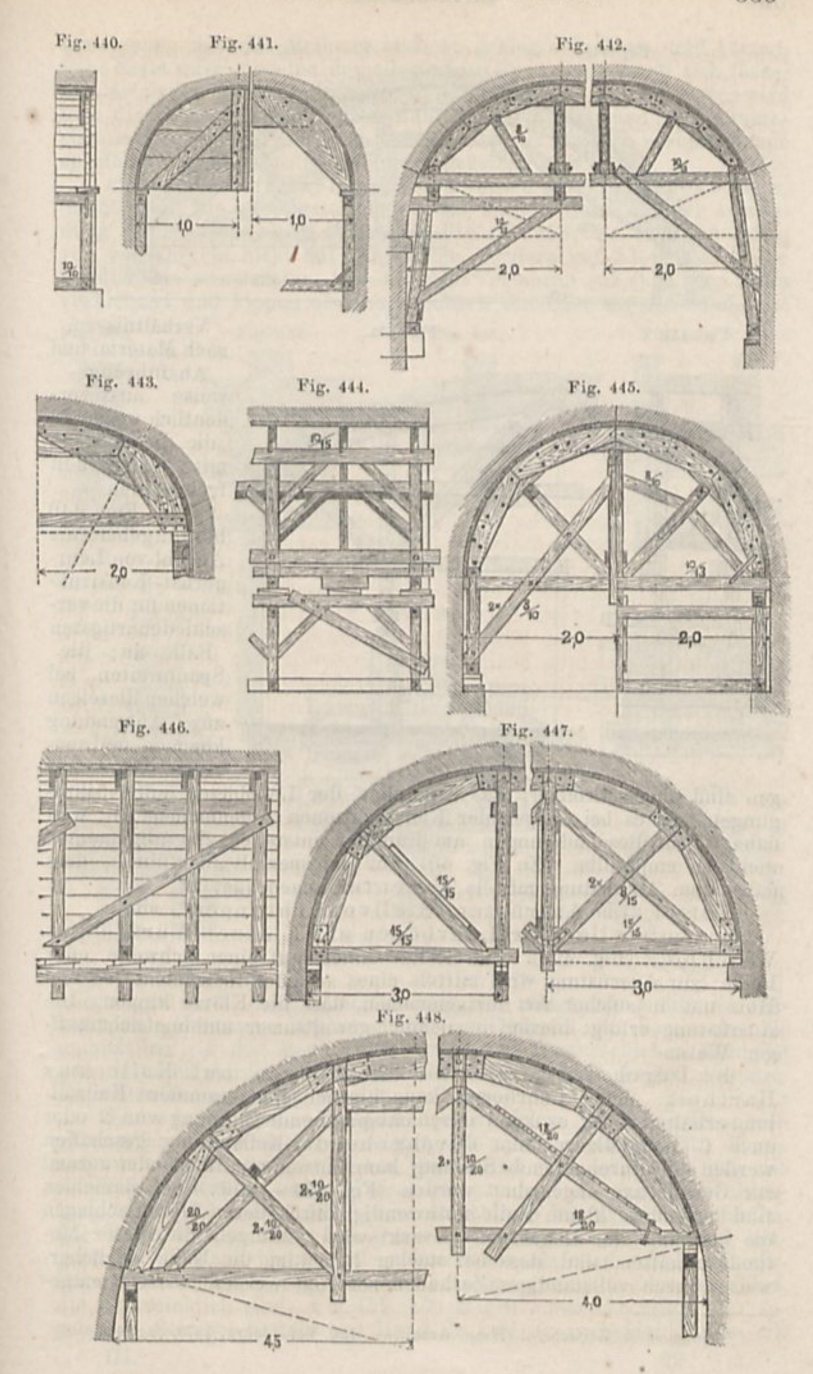

Fig. 440.
Fig. 441.
Fig. 442.
Fig. 443.
Fig. 444.
Fig. 445.
Fig. 446.
Fig. 447.
Fig. 448.
1,0
1,0
2,0
2,0
2,0
2,0
2,0
3,0
3,0
4,0
4,5

Fig. 449. Fig. 450.

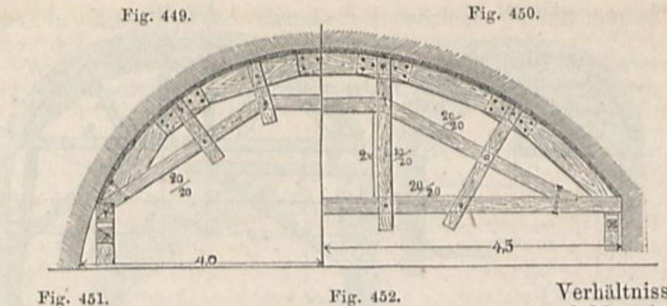


Fig. 451. Fig. 452.

Verhältnissen, nach Material und Ausführungsweise ausserordentlich wechselt, die Lehrbögen mit Sicherheit frei werden. —

Die Fig. 440 bis 452 geben eine Anzahl von Lehrgerüst-Konstruktionen für die verschiedenartigsten Fälle an; die Spannweiten, bei welchen dieselben zur Anwendung kommen, und sonstige Abmessungen sind eingeschrieben; das Aufstellen der Lehrbögen auf Auskragungen, wie es bei einigen der Konstruktionen angenommen, ist, weil dabei leicht Beschädigungen am Kämpfer entstehen, im allgemeinen nicht zu empfehlen. Zu Fig. 451, 452 ist speziell anzuführen, dass dabei eine Ausrüstung mittels Exzenter angeordnet ist. —

Mittel zum Ausrüsten: Stellvorrichtungen*) sind:

a) Aufstellen der Lehrbögen auf Klötze (Würfel) aus Weichholz (Fig. 453). Die Klötze ruhen auf einer Schwelle oder Bohle; zur Ausrüstung wird mittels eines scharfen Instruments so viel Holz und in solcher Art fortgenommen, dass die Klötze kippen. Die Ausrüstung erfolgt hierbei in ziemlich gewaltsamer und ungleichmässiger Weise.

b) Durch Aufsetzen der Lehrbögen auf Keile aus Hartholz. Jeder Lehrbogen kann hierbei eine besondere Keilstellung erhalten, oder es kann durch entsprechende Zahnung von 2 oder auch 3 Langhölzern eine durchgehende Keilstellung geschaffen werden; die durchgehende Stellung kann entweder parallel oder normal zur Gewölbeaxe angeordnet werden (Fig. 454 — 456). Bei derselben sind besondere kleine Keile nothwendig, durch deren Herausschlagen die Senkung der Lehrbögen bewirkt wird. Mängel, die dieser Methode anhaften, sind, dass bei starker Belastung die Keile möglicherweise durch vollständiges Zerhauen beseitigt werden müssen, entge-

*) Vergl. u. a. Zeitschr. d. Hann. Archit.- u. Ing.-Ver., Jahrg. 1873, pag. 492.

gengesetzt, dass die Reibung auch zu gering sein kann und sämmtliche Keile oder einzelne derselben wider Erwarten schnell sich lösen; da der zweite Fall relativ weniger gefährlich ist, als der erste, wird man die Keile schmieren. Der Reibungskoeffizient und die entsprechende Neigung der Keilseiten werden häufig erst durch vorhergehende spezielle Versuche bestimmt werden müssen.

c) Durch Aufsetzen der Lehrbögen auf Sandsäcke bezw. Sandtöpfe. Die günstigste, aber etwas umständliche Art der Anwendung von Sandsäcken zeigen die Fig. 457, 458; die Gewölbe ruhen von vorn herein nicht auf den Säcken, sondern auf Klötzen *a*. Diese werden, um auszurüsten, (wie bei dem Verfahren sub a) an der Basis verkleinert und kippen alsdann, wodurch die Last auf die Sandsäcke

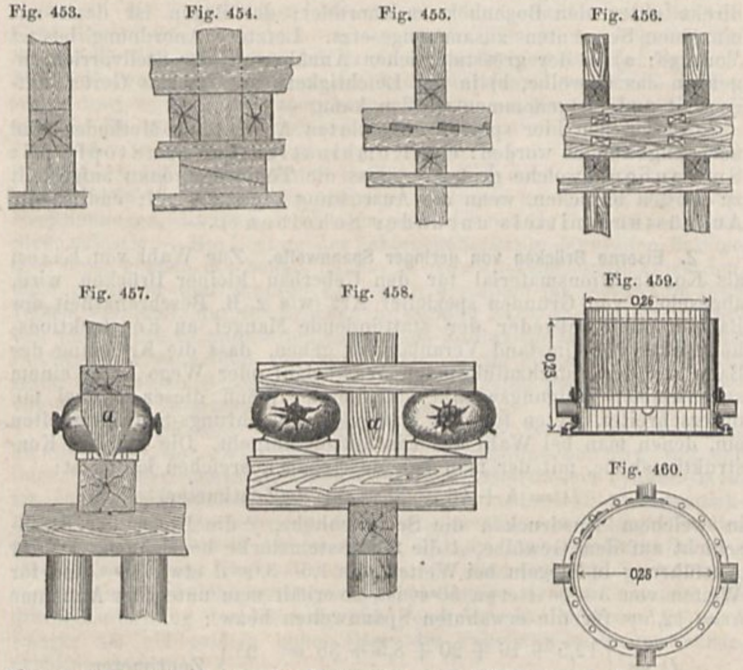


Fig. 453. Fig. 454. Fig. 455. Fig. 456.

Fig. 457. Fig. 458. Fig. 459. Fig. 460.

übertragen wird, deren Auslässe man nun öffnet, um weiter zu senken. Der Umstand, dass man das Unterbringen der Sandsäcke bis unmittelbar vor den Beginn des Ausrüstens hinausschieben kann, ist günstig, weil durch Witterungswechsel der Sand in seiner Ausfluss-Kapazität beeinträchtigt werden kann. —

d) Ausrüstung mit Sandtöpfen. Diese Methode erfreut sich unter allen bis jetzt angewendeten der grössten Beliebtheit, da sie sich unter den verschiedensten Umständen und selbst da, wo die Sandtöpfe zeitweilig unter Wasser gekommen sind, nach jeder Richtung hin bewährt hat; daneben verursacht sie relativ geringe Kosten. Die Töpfe werden theils aus Gusseisen, besser aber aus Blech hergestellt, die Wandstärke wird so berechnet, als ob der Topf Wasserfüllung hätte, wenngleich diese Voraussetzung zu Abmessungen führt, die überreichlich sind. Fig. 459, 460 zeigen einen Blechtopf; der zugehörige Stempel besteht aus Hartholz und ist an beiden Enden mit

glatten eisernen Reifen bezogen, der Zwischenraum zwischen Stempel und Topfwand wird zur Abhaltung der Feuchtigkeit mit Gips oder mit plastisch angemachtem Thon gefüllt und mit einem theergetränkten Lappen etc. überbunden. Die Sandkegel vor den Ausflussöffnungen müssen regelmässig beseitigt werden, da dieselben, wenn sie bis zur Höhe der Oeffnungen anwachsen, erfahrungsmässig den weiteren Austritt des Sandes hemmen.

e) Ausrüstung mit Schrauben. Die Schrauben können so angeordnet werden, dass sie entweder die Sandtöpfe direkt vertreten, also eine Senkung des ganzen Lehrbogens in vertikaler Richtung hervorbringen, oder auch in der Weise, dass man die Schrauben in radialer Richtung unter den Knotenpunkten des Gerüstes, und zwar direkt unter den Bogenhölzern anordnet; der Bogen ist dann aus einzelnen Segmenten zusammengesetzt. Letztere Anordnung besitzt Vorzüge: a) in der grösstmöglichen Annäherung der Stellvorrichtungen an das Gewölbe, b) in der Leichtigkeit, mit der das Gerüst aufgestellt und fortgenommen werden kann. —

Ausser den hier speziell angeführten Ausrüstungs-Methoden sind noch angewendet worden: eine Kombination der Sandtöpfe mit Schrauben, welche gestattet, dass die Töpfe erst dann aufgestellt zu werden brauchen, wenn die Ausrüstung beginnen soll; endlich die Ausrüstung mittels unrunder Scheiben*). —

2. Eiserne Brücken von geringer Spannweite. Zur Wahl von Eisen als Konstruktionsmaterial für den Ueberbau kleiner Brücken wird, abgesehen von Gründen spezieller Art (wie z. B. Beschränktheit der Bauzeit etc.), entweder der stattfindende Mangel an Konstruktionshöhe oder der Umstand Veranlassung geben, dass die Kreuzung der Bahn mit dem durchzuführenden Wasserlauf oder Wege unter einem sehr kleinen Neigungswinkel stattfindet. Wenn dieser Winkel 60° unterschreitet, treten für den Massivbau Ausführungs-Schwierigkeiten ein, denen man bei Wahl des Eisenbaues entgeht. Die kleinste Konstruktionshöhe, mit der man bei Massivbau ausreichen kann, ist:

$$D = h + 16 + 20 + f + d \text{ (Zentimeter)}$$

in welchem Ausdruck h die Schienenhöhe, f die Dicke der Flachschicht auf dem Gewölbe, d die Schlussteinstärke bezeichnen. Da für Ausführung in Ziegeln bei Weiten von 1,5—3,0^{m} d etwa 38^{zm} und für Weiten von 3—7^{m} d etwa 50^{zm} ist, so erhält man unter der Annahme h = 12,5^{zm} für die erwähnten Spannweiten bezw.:

$$D = \left\{\begin{matrix} 12,5 + 16 + 20 + 8,5 + 38 = 95 \\ 12,5 + 16 + 20 + 8,5 + 51 = 108 \end{matrix}\right\} \text{ Zentimeter.}$$

Ist diese Höhe, oder eine sehr nahe liegende geringere nicht disponibel, so wird man eisernen Ueberbau wählen. Bei demselben sind folgende Höhen ausreichend und vertragen event. sogar noch eine Reduktion um ein paar Zentimeter:

Spannweite	Höhe	
1^{m} Spannweite	27^{zm}	Höhe von Schienen-Oberkante bis Unterkante Träger.
2^{m} „	30^{zm}	
3^{m} „	35^{zm}	
4—7^{m} „	40—44^{zm}	

Diese Höhe ist im Durchschnitt nur etwa ⅓ derjenigen, welche bei Massivbau erfordert wird; zu beachten ist dabei indess, dass man die eisernen Träger soweit hinauf zu rücken hat, dass dieselben jeden-

*) Vergl. Deutsche Bauztg., Jahrg. 1870, pag. 49.

falls vom Hochwasser unberührt bleiben; häufig wird die Höhe vom Hochwasser-Spiegel bis Trägerunterkante zu etwa 0,60^{m} angenommen.

Die Minimal-Konstruktionshöhe wird bei dem sog. Zwillingsträger-System erfordert, welches meist auf Spannweiten bis etwa 5^{m} beschränkt wird; von dieser Grenze ab benutzt man Träger gewöhnlicher Art, zwischen denen die Fahrbahn auf Querträgern liegt, vielfach ohne Verwendung besonderer Holz-Unterlagen für die Schienen. —

Für die Bestimmung des Abstandes der beiden Balken des Zwillingsträgers ist die Höhe der Schienenoberkante im Vergleich zur Höhe der Trägeroberkante, sowie daneben der Umstand maassgebend, ob die Brücke in gerader Bahn oder in einer Kurve liegt. Für gerade Bahn ist die Konstruktion derart anzuordnen, dass eine Rille von 67^{mm} Breite und — in min. — von 38^{mm} Tiefe (s. die Angaben auf S. 275) für den Durchgang der Radflanschen frei bleibt. Bei Brücken, die in Kurven liegen, kommt die Spurerweiterung (s. ebend.) in Betracht und es sind die angegebenen Maasse entsprechend grösser zu wählen. Für den guten Einlauf der Radflanschen sind die Endigungen der beiden inneren Balken angemessen abzurunden. Eine Senkung der Schienen zwischen den beiden Balken so tief, dass die Schienenoberkante tiefer als die Balkenoberkante zu liegen kommt, ist wegen der Bestimmungen, die über das Normalprofil des lichten Raumes bestehen, nicht zulässig. — Bei Legung der Schienenoberkante 50^{mm} über Balkenoberkante können die beiden Balken so nahe zusammengerückt werden, dass zwischen den inneren Flanschen derselben ein Spielraum von 180^{mm} verbleibt, der für Brücken in gerader Bahn sowohl als in Kurven und mit nicht ungewöhnlich kleinem Radius die Durchführung der für die Spurkranzrillen nöthigen Abmessungen gestattet. — Der Abstand der beiden Balken wird in den häufigsten Fällen 310—320^{mm} von M. zu M. betragen.

Bei zunehmender Weite, etwa von 5^{m} an, treten, wie bemerkt, an die Stelle der Zwillingsbalken Träger gewöhnlicher Art, mit eng liegenden Querträgern zwischen denselben. Bei diesem Trägersystem ist es für Spannweiten bis 6^{m} möglich, die erforderliche Konstruktionshöhe ohne Vermehrung des Eigengewichts auf etwa 0,40^{m} einzuschränken, während bei grösseren Spannweiten die Durchführung eines Minimums an Konstruktionshöhe mit einer Gewichts-Vermehrung verbunden ist, welche vorzugsweise bei den Querträgern entsteht, die durch Einhaltung des Normalprofils des lichten Raumes eine grössere Länge, als bei relativ hoher Lage der Fahrbahn zureichen würde, erhalten müssen.

Wenn eine Beschränkung der Konstruktionshöhe nicht erforderlich ist, ordnet man die Fahrbahn gewöhnlich auf hölzernen Querschwellen, die über die beiden Träger gestreckt sind, an. Die Höhe dieser Träger kann man nur wenig variiren, ohne dass eine Veränderung im Eigengewicht der Brücke sich fühlbar macht; je geringer die Lichtweite, um so grösser wird man im allgemeinen die Trägerhöhe wählen. Für die kleinsten Weiten, von 1,0—2,5^{m} etwa, geht man mit dem Verhältniss der Höhe zur Lichtweite auf 1 : 5 sogar 1 : 4 hinauf; bei grösserer Weite wählt man $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{8}$ und bei den Weiten von etwa 10^{m} nähert man sich dem Verhältnisse von 1 : 10, das bei den Trägern nach dem Parallelbalken-System sehr allgemein festgehalten zu werden pflegt.

In geringem Maasse variirt mit der Lichtweite meist auch der Abstand, in welchem die beiden Träger gelegt werden. Bei den Brücken bis etwa 3^{m} Weite macht man häufig den Trägerabstand

übereinstimmend mit der Gleisweite — M. z. M. Schiene = 1,49m; — von da an tritt, aus Rücksicht auf Stabilität, ein geringes Auseinanderrücken der Träger ein; über 2,0m Abstand pflegt man aber nicht hinaus zu gehen. —

Für die Auflagerung der Schienen auf dem eisernen Ueberbau benutzte man früher ganz allgemein Holz; bei dem Zwillingsbalken-System dienten Langschwellen und auch bei dem System der gewöhnlichen Träger kommen dieselben zuweilen zur Anwendung. Neuerdings legt man auf den damit erstrebten speziellen Zweck des mehr elastischen, stossfreien Fahrens weniger Werth, bezw. erachtet man diesen Vortheil durch die Nachtheile, die mit dem Langschwellen-System verknüpft sind, als kompensirt. Wo demnach die Anwendung der Langschwellen nicht aus ganz besonderen Gründen sich empfiehlt, sowie auch da, wo die äusserste Einschränkung der Konstruktionshöhe erforderlich ist, pflegt man das Holz als Zwischenmittel zwischen Träger und Schiene fortzulassen und die Verbindung durch Einlegen von passend geformten Gusstücken (Schuhen, Stühlchen) herzustellen. — Querschwellen werden häufig durch sog. Schwellenwinkel aus ⌊ Eisen auf den Trägern befestigt; in anderen Fällen benutzt man dazu Schraubenbolzen, die durch den oberen Trägerflansch und die Schwelle gezogen werden. Um Verschwächungen des Trägerflansches zu vermeiden, dienen in besonderen Fällen auch wohl schmiedeiserne Lappen. —

Die Vertheilung der Querschwellen auf der Trägerlänge wird sich zumeist darnach richten, ob man es für zweckmässig bezw. zulässig ansieht, die 1. bezw. die letzte Schwelle auf dem Widerlager zu plaziren, oder ob man die Auflagerung auf Mauerwerk (gegen welche das Losrütteln der Schwelle, die Beförderung von Stössen beim Befahren und leicht mögliche Beschädigung des Widerlagers als Gründe geltend zu machen sind) prinzipiell ausschliesst. Beide Lösungen kommen in der Praxis neben einander vor, weshalb man dieselben wohl als mehr oder weniger gleichberechtigt betrachten muss. —

Ziemlich ausnahmslos erhalten eiserne Brücken in ihrer Fahrbahn einen Holzbelag. In früherer Zeit bezweckte derselbe insbesondere die Gewährung von Schutz bei etwaigen Zug-Entgleisungen und man wählte dem entsprechend für den Belag schwere Bohlen von 10—15zm Stärke, die man in der Quer-Richtung der Brücke zu strecken pflegte. Da gegenwärtig der angeführte Zweck mehr nebensächlich angesehen wird, so konstruirt man den Fahrbahn-Belag einfacher und leichter, indem man Bretter von nur 5—6zm Stärke dazu verwendet, die in der Längen-Richtung der Brücke gestreckt werden. Vereinzelt kommt es vor, dass zum Schutz gegen Feuersgefahr der Belag eine Beschüttung aus Kies oder auch aus Beton erhält. Unbedingt nothwendig ist ein Belag der Fahrbahn bei solchen Brücken, die in der Nähe von Bahnhöfen liegen, weil hier dem allgemeinen Zwecke desselben, als Uebergangsmittel für das Bahnpersonal zu dienen, die Rücksicht, dass beim möglichen Halten von Zügen die Reisenden unbehindert aussteigen können, hinzutritt.

Gleichartigen Zwecken, wie die Bildung einer dichten Fahrbahn, dient auch die Aufstellung der Geländer auf eisernen Brücken. Bei den Brücken geringster Spannweiten werden dieselben häufig fortgelassen, bei vermehrter Spannweite kommen sie jedoch regelmässig zur Anwendung. Sie werden um so stabiler und höher konstruirt, je mehr die Lage der Brücke die Wahrscheinlichkeit mit sich bringt, dass unter Umständen eine Benutzung derselben für Reisende oder Privaten nothwendig sein kann. Bei leichtester Ausführung erhalten

die Geländer etwa 0,80^{m} Höhe und bestehen aus quadratischen Stäben von 2^{zm} Seite, die durch 2 Streifen von Flacheisen oder Bandeisen verbunden sind. Die Geländer von Brücken neben Parallelwegen oder in belebten Oertlichkeiten werden aus Sicherheitsrücksichten häufig 1,2—1,5^{m} hoch und mit dichter Wand hergestellt.

Für die Auflagerung der Trägerenden benutzt man zuweilen als Zwischenmittel Schwellstücke aus Holz, um ein mehr elastisches Fahren und eine geringere Inanspruchnahme der Widerlager zu sichern. Da diese Zwecke nur mangelhaft erreicht und daneben Nachtheile anderweiter Art eingetauscht werden, so ist die Holzauflagerung in neuerer Zeit mehr und mehr aufgegeben worden und man benutzt fast ausschliesslich gusseiserne Schuhe, die nach wechselnden, dabei aber typischen Formen hergestellt werden. Nicht durchgängig, aber doch ziemlich allgemein werden die Schuhe auf den Auflagersteinen mit 2 — 4 Steinschrauben befestigt; bei einzelnen Bahnen dienen zur Festlegung 2 — 3 Rippen, welche die Schuhe auf ihrer Unterseite haben und die in entsprechenden Nuthen der Auflagersteine passen und dort vergossen werden. Die zu erstrebende Sicherheit in der Festlegung der Schuhe ist wesentlich darnach zu beurtheilen, ob die Brücke in einer Steigung, oder einer Kurve, oder in der Nähe einer Station, oder in gerader Bahnstrecke im Freien liegt, da gegen Beanspruchung durch Bremswirkung und durch Zentrifugalkraft die Schuhbefestigung den nöthigen Widerstand gewähren muss. Ausreichend wird es meist schon sein, wenn nur die auf dem einen Widerlager sich befindenden Schuhe sicher festgelegt, diejenigen auf dem anderen in gewöhnlicher Weise in ihrer Lage gesichert werden.

Die Auflagerfläche, welche den Trägerenden in den Schuhen geboten wird, muss, der Ausdehnung der Träger wegen, wenigstens in den beiden Schuhen des einen Widerlagers sauber bearbeitet — behobelt — sein, desgleichen die Unteransicht der entsprechenden Trägerenden. An diesen benutzt man eine untergenietete kräftige Blechplatte — 15—20^{mm} stark, — die bei einigen Konstruktionen übereinstimmende Breite mit der Trägergurtung hat, bei anderen um etwa 30^{mm} nach jeder Seite hin breiter gemacht ist, um mittels Schrauben und kleiner Klemmplatten dem etwaigen Aufbiegen der Trägerenden einen gewissen Widerstand entgegen zu setzen, bezw. eine leichte Führung herzustellen, zu welchem Zwecke die Schuhe mit seitlichen Leisten versehen werden.

Die Grösse der Schuhe bestimmt sich im allgemeinen nach der Druckfestigkeit des Materials der Auflagerungs-Quader, doch wird man, um gegen Lockerungen der Quader durch Stösse und gegen Beschädigungen der Auflager durchaus gesichert zu sein, die Steine nur relativ niedrig auf Druckfestigkeit beanspruchen und daneben die Quader von einer verhältnissmässig bedeutenden Grösse nehmen. Bei Sandstein-Auflagern giebt man den Schuhen eine solche Grösse, dass der Druck, den dieselben pro □^{zm} ihrer Unterfläche auf die Lagersteine ausüben, 5—10^{k} nicht überschreitet; für Granit und Steine von ähnlicher Härte bewegt man sich in den Grenzen zwischen 10 und 20^{k}.

Mittlere Abmessungen der Auflagersteine sind etwa folgende:

Brücken m. Lichtw. v. 1,0— 3,5^{m}	0,50^{m} lg.,	0,55^{m} br.,	0,37^{m} h.	= 0,10 kb^{m},
	0,60^{m} „	0,70^{m} „	0,37^{m} „	= 0,15 kb^{m},
„ „ „ „ 4,0— 7,0^{m}	0,70^{m} „	0,75^{m} „	0,37^{m} „	= 0,19 kb^{m},
„ „ „ „ 7,5—10,0^{m}	0,75^{m} „	0,90^{m} „	0,37^{m} „	= 0,25 kb^{m}.

Diese Abmessungen gelten speziell für Brücken mit Trägern nach gewöhnlichem System ausgeführt; sie sind im allgemeinen jedoch auch für die Zwillingsbalken-Systeme gültig, wenigstens was Höhe und kubischen Inhalt der Auflagersteine solcher Brücken anbetrifft; es tritt bei diesen nur insofern eine Abweichung ein, als die Auflagersteine breiter und entsprechend kürzer genommen werden. — Die Länge der Auflager-Steine muss in jedem Falle so gross sein, dass dieselben 10—15zm in denjenigen höher aufgeführten Theil des Widerlager-Mauerwerks hinein reichen, der vor den Balkenköpfen liegt. — Zweckmässig ist es, die oben liegende Fläche der Auflagersteine so zu bearbeiten, dass eine nach der Vorderseite hin gerichtete Abwässerung derselben stattfindet. —

Belastungen und Eigengewichte kleiner eiserner Brücken von geringer Spannweite; Beispiele von verschiedenen Bahnen entnommen. Je geringer die Spannweite eiserner Brücken ist, um so stärker werden dieselben von den Stössen der mobilen Belastung in Anspruch genommen; auf diese stärkere Inanspruchnahme muss durch die Art, in der die Berechnung solcher Brücken durchgeführt wird, bezw. durch Einführung relativ niedriger Festigkeitskoeffizienten gerücksichtigt werden. Am zutreffendsten verfährt man, wenn man in die Berechnung der Träger kleiner Brücken die wirklich sich ergebenden Einzellasten, nicht aber eine über die ganze Länge der Brücke gleichförmig vertheilte Belastung einführt, wie letzteres bei Brücken von grösserer Spannweite heute noch zumeist üblich ist. — Will man mit gleichförmig vertheilter Belastung rechnen, so kann man von den Zahlenangaben der unten stehenden Tabelle Gebrauch machen, von denen die 1. Gruppe der Schrift von Heinzerling: „Die angreifenden und widerstehenden Kräfte der Brücken- und Hochbau-Konstruktionen“ entnommen ist und Gültigkeit für solche Brücken hat, die mit mittelschweren Lokomotiven befahren werden, während in der 2. Gruppe Zahlen zusammengestellt sind, die für österreichische Eisenbahnen gesetzliche Gültigkeit haben (Verordn. d. österr. Handelsminist. v. 30. Aug. 1870). Als Zusatz-Bestimmungen enthält diese Verordnung übrigens folgende Vorschriften: a) dass, wenn durch die vorgeschriebene, gleichförmig vertheilte Belastung nicht eine grössere Inanspruchnahme hervorgerufen wird, in Rechnung zu nehmen ist, dass über jedes Gleis Achsen mit je 13 T. à 260 Ztr. zu gehen haben; b) dass unter Zugrundelegung der vorgeschriebenen Belastung und des Eigengewichts der Konstruktion sich bei Zug, Pressung oder Schub keine höheren Inanspruch-

Tabelle über gleichförmig vertheilte Belastungen eiserner Brücken*).

Lichtweite	Belastung pro lfd. m Gleis		Lichtweite	Belastung pro lfd. m Gleis	
	nach Heinzerling	nach der österr. Vorschrift		nach Heinzerling	nach der österr. Vorschrift
m	k	k	m	k	k
1,0	23 520	20 000	6,0	8 540	9 300
2,0	11 760	15 000	7,0	8 000	8 800
3,0	10 000	13 000	8,0	7 450	8 300
4,0	9 700	11 500	9,0	7 050	7 900
5,0	9 030	10 000	10,0	6 770	7 500

*) Wegen noch sonstiger Angaben vergl. Bd. I. pag. 231 d. W.

nahmen des Schmiedeeisens ergeben, als 800k pro □zm **nutzbarer** Querschnitts-Fläche (d. h. nach Abzug der Nietlöcher u. s. w.); c) dass bei Berechnung des Widerstandes der Niete die Spannungszahl auf wenigstens 600k pro □zm herab zu setzen, dieselbe auch nach den Regeln der Knickfestigkeit für diejenigen Stücke zu mildern ist, die gegen seitliches Ausweichen nicht gebührend gesichert sind.

Ueber das **Eigengewicht der Fahrbahn** eiserner Brücken, worunter folgende Theile zu verstehen sind: Fahrschienen, Querschwellen, Bohlenbelag (5zm stark), Querträger, Schwellenträger und Kleineisenzeug, werden in der oben zitirten Heinzerling'schen Schrift folgende Angaben gemacht:

No.	System der Brücke	Fahrschienen	Querschwellen	Bebohlung 5zm stark	Schwellenträger	Querträger	Zusammen
		Gewicht in Kilogr. pro lfd. m Brücke und pro 1 Gleis					
1	1gleis. Br. mit Fahrb. auf den Trägern	80	75	85	—	—	240
2	do. desgl. (für grössere Spannweiten)	„	130	150	90	220	670
3	do. Fahrb. hochliegd. zw. d. Trägern	„	100	110	„	„	600
4	do. desgl. tief liegend desgl.	„	130	150	„	300	750
5	2gleis do. m. mittelhoch liegd. Fahrb.	„	125	140	200	255	800

Noch weitere Angaben über Belastung, namentlich über das Eigengewicht der **Hauptträger** kleiner eiserner Brücken sind aus der Tabelle auf folgender Seite zu entnehmen, in welcher die wesentlichsten Konstruktions-Details mehrer Gruppen kleiner Brücken, wie sie auf deutschen und österreichischen Bahnen zur Ausführung gekommen, ziffermässig zusammengetragen sind. Zu den Gruppen 1 und 2 der Tabelle gehören die auf S. 345, 346 u. 349, 350 mitgetheilten Skizzen, zu der Gruppe 4 die Skizzen auf S. 347. Bei **allen** betr. Konstruktionen handelt es sich entweder um Träger aus **Walzprofilen** bezw. um **Blechträger** nach gewöhnlichem System, während **Gitterträger**, als für die geringe Spannweite bis zu 10m kaum üblich, ausser Betracht geblieben sind.

Die **Normalien** zu den kleinen eisernen Brücken der **Hannov. Staatsb.**, u. z. zunächst diejenigen, welche bei **nicht beschränkter Konstruktions-Höhe** zur Anwendung kommen — Fig. 463 bis 475 und Gruppe 1 der Tabelle S. 344 — sind nach folgenden Grundsätzen entworfen.

Fig. 461.

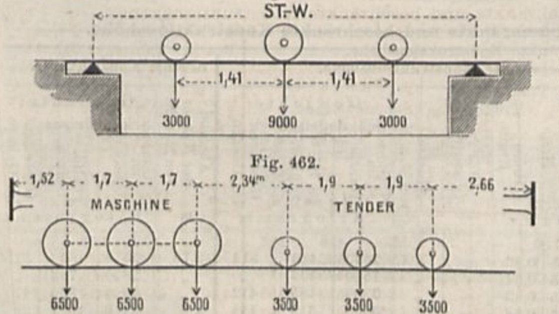


Fig. 462.

Das Konstruktionssystem ist bei den 9 Nummern der Gruppe ganz einheitlich durchgeführt. Als maassgebende Belastung ist eine Lokomotive mit der in Fig. 461 angegebenen Gewichtsvertheilung angenommen; als zulässige Spannungs-

No.	Licht- Weite	Stütz- Weite	Träger- Länge	Träger- Höhe	Träger- Breite (grösste)	Abstand von M. z. M.	(Grösste) Schwellen- (Stützen-) Weite	Gewichte: Schmiedeisen Hauptträger	Schmiedeisen Nebentheile	Schmiedeisen pro m Stützw. im Ganz.	Gusseisen (insges.)	Rechnungsm. Eigenlast pro lfd. m	Geländer (insges.)
	Meter							Kilogramm					
	a. Für nicht beschränkte Konstruktionshöhe.												
1	1,25	1,70	2,01	0,247	0,146	1,88	0,85	250	311	330	160	750	—
2	1,50	1,95	2,26	0,298	0,126	"	0,65	287	305	304	"	"	—
3	2,00	2,46	2,76	0,320	0,136	"	0,82	422	307	296	"	760	—
4	2,50	2,94	3,26	0,326	0,160	"	0,98	608	380	336	"	770	—
5	3,00	3,57	3,94	0,400	0,180	"	0,89	760	606	381	204	780	—
6	3,50	4,07	4,44	0,450	"	"	0,81	900	653	382	"	"	—
7	4,00	4,57	4,94	"	0,235	"	0,76	1185	813	437	224	800	—
8	4,50	5,07	5,44	0,500	"	"	0,85	1285	854	422	"	"	—
9	5,00	5,57	5,94	0,540	"	"	0,93	1500	821	417	"	820	—
1	1,00	1,50	1,80	0,262	0,09	1,80	0,90	151	69	146	102	810	108
2	2,00	2,50	2,80	0,400	0,14	"	0,93	463	103	226	124	840	142
3	3,00	3,50	3,80	0,396	0,15	"	0,90	752	204	270	126	860	172
4	4,00	4,60	5,00	0,600	0,19	"	0,93	1090	351	313	168	880	206
5	5,00	5,60	6,00	0,700	"	"	"	1420	477	339	"	920	241
6	6,00	6,70	7,20	0,720	"	1,90	0,86	1950	504	366	210	940	294
7	7,00	7,70	8,20	0,820	"	"	"	2380	616	389	"	—	325
8	8,00	8,80	9,40	0,930	"	2,00	0,90	2930	737	416	292	—	365
9	9,00	9,80	10,40	1,030	"	"	0,91	3330	723	414	"	—	400
10	10,00	10,80	11,40	1,140	"	"	0,92	4010	1037	467	"	—	434
1	1,30	1,77	2,08	0,190	0,110	1,49	0,90	198	145	194	68	280	—
2	2,00	2,47	2,84	0,260	"	"	"	360	211	231	"	350	—
3	2,50	3,00	3,31	0,320	0,140	"	"	501	306	269	"	480	—
4	3,00	3,48	3,85	0,400	"	"	0,87	680	385	306	71	"	—
5	3,75	4,25	4,62	0,370	0,220	1,88	0,85	965	920	444	127	540	104
6	4,75	5,40	5,82	0,600	0,210	"	0,90	1556	752	427	175	"	125
7	5,75	6,58	6,98	0,700	0,230	"	0,94	2170	814	453	190	640	150
8	6,50	7,20	7,62	0,800	0,220	"	0,90	2300	1130	476	175	700	170
	b. Für beschränkte Konstruktionshöhe.												
1	1,25	1,62	1,87	0,198	0,409	1,49	0,94	240	203	273	194	760	—
2	1,50	1,87	2,12	0,235	0,406	"	0,88	286	270	297	201	"	—
3	2,00	2,37	2,62	0,260	0,358	"	0,77	472	357	307	209	"	—
4	2,50	2,87	3,12	0,248	0,449	"	0,93	655	371	357	222	780	—
5	3,00	3,37	3,62	0,300	0,435	"	0,82	836	503	397	225	"	—
6	3,50	3,87	4,12	0,296	0,490	"	0,95	1133	493	420	226	"	—
7	4,00	4,37	4,62	0,318	0,445	"	0,86	1483	597	476	236	800	—
8	4,50	5,07	5,44	0,530	0,180	2,46	0,85	1282	1515	551	246	"	—
9	5,00	5,67	5,94	0,580	"	"	0,93	1446	1536	526	"	"	—

c. Für unbeschränkte und beschränkte Konstruktionshöhe.

No.	Unbeschränkte Konstruktionshöhe. Licht- Weite	Stütz- Weite	Träger- Länge	Träger- Höhe	Träger- Breite (grösste)	Abstand von M. z. M.	Gewichte: Schmiedeisen im Ganzen	Schmiedeisen pr. lfd. m Stützw.	Gusseisen im Ganzen	Beschr. Konstrukt.-Höhe Abstand der Träger von M. z. M.	Gewichte: Schmiedeisen im Ganzen	Schmiedeisen pr. lfd. m Stützw.	Gusseisen im Ganzen
	Meter						Kilogramm			m	Kilogramm		
1	2,85	3,20	3,35	0,30	—	2,0	1320	413	314	2,70	2570	803	3
2	3,25	3,60	3,95	0,34	—	"	1560	433	"	"	2820	783	
3	4,25	4,80	3,35	0,43	—	"	2330	485	412	"	3960	825	4
4	5,85	6,40	6,95	0,58	—	"	3320	519	458	4,00	6470	1011	:
5	7,20	8,00	8,80	0,68	—	"	4680	585	568	"	8320	1040	:
6	8,80	9,60	10,40	0,87	—	"	6320	658	613	4,50	11590	1207	

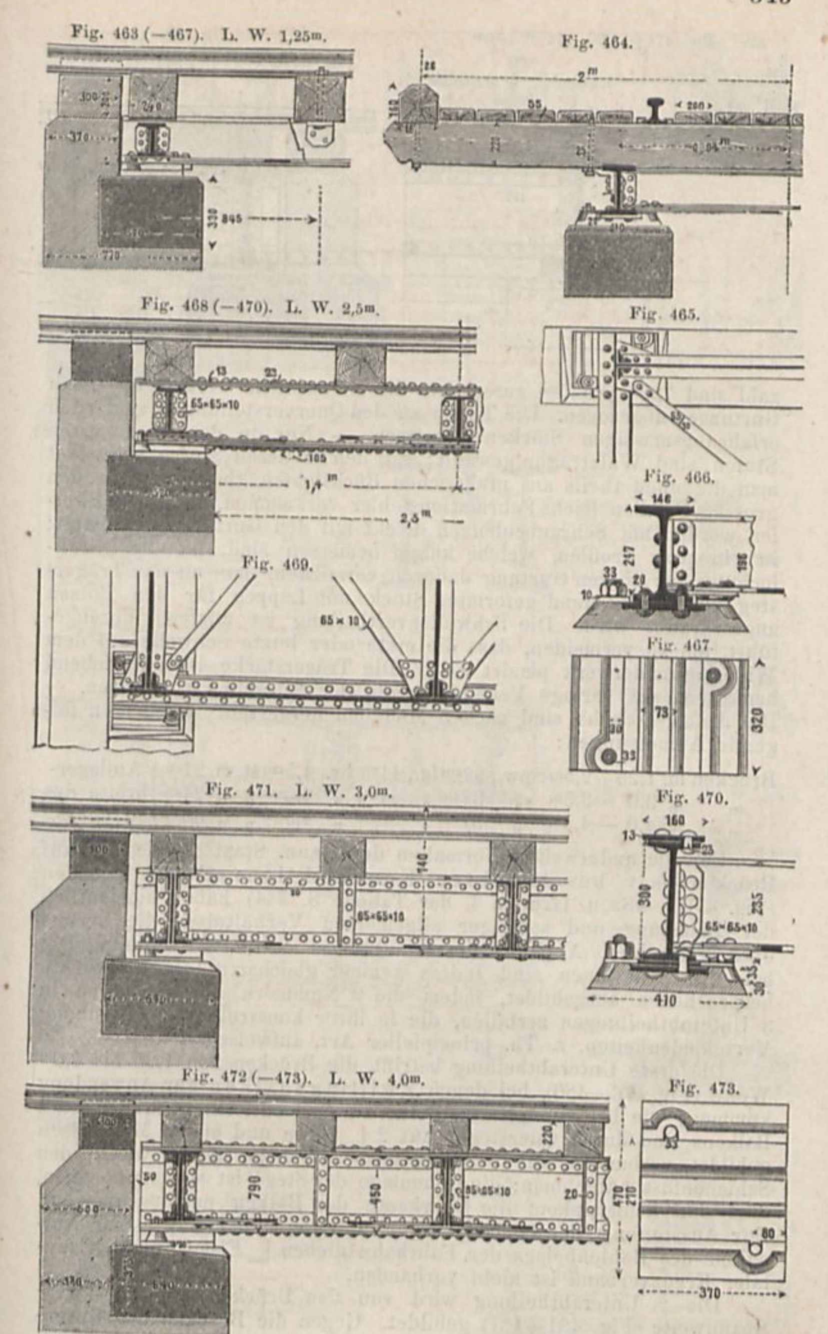
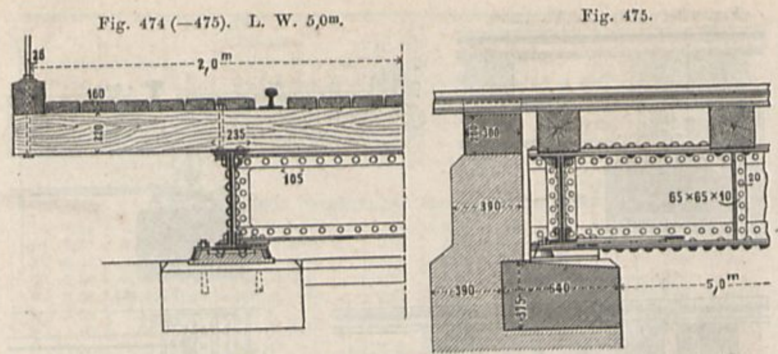

Fig. 463 (—467). L. W. 1,25m.
Fig. 464.
Fig. 468 (—470). L. W. 2,5m.
Fig. 465.
Fig. 466.
Fig. 469.
Fig. 467.
Fig. 471. L. W. 3,0m.
Fig. 470.
Fig. 472 (—473). L. W. 4,0m.
Fig. 473.

Fig. 474 (—475). L. W. 5,0m. Fig. 475.



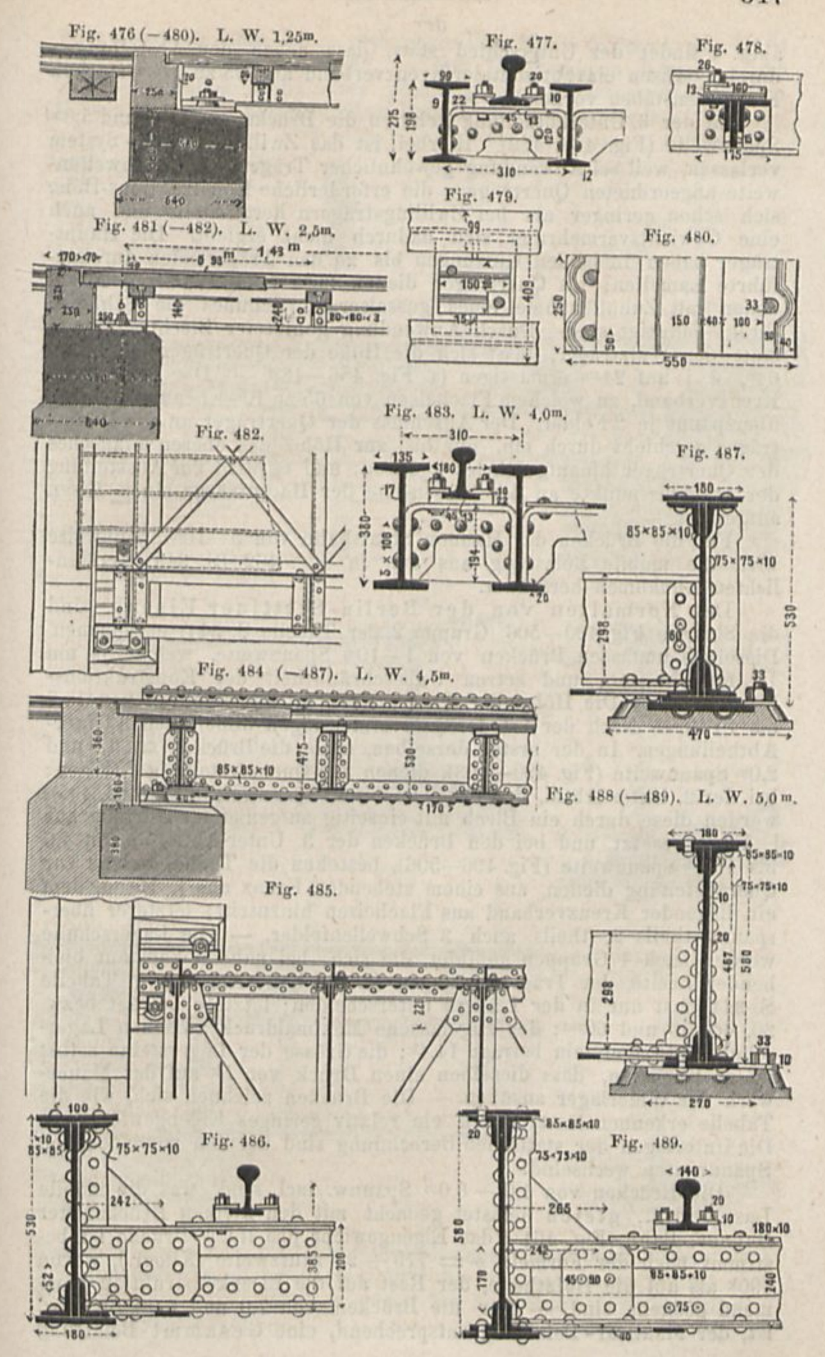
zahl sind 730k pro □zm gerechnet, die Nietschnitte werden in beiden Gurtungen abgezogen. Die Theile zu den Querversteifungen sind nach erfahrungsmässigen Stärken bemessen. — Nur in den 4 untersten Stufen sind Walzträger gewählt; zu den höheren Stufen vermeidet man dieselben theils aus praktischen Rücksichten, theils weil in den grossen Profilen leicht Fabrikationsfehler vorkommen. — Die Schwellen werden mit Schraubenbolzen direkt auf den Gurtungen befestigt; in ein paar Profilen, welche knapp bemessen sind, ist die Durchlochung der oberen Gurtung dadurch vermieden, dass an den Trägersteg ein entsprechend geformtes Stück mit Lappen für den Bolzen angeschraubt wird. Die Schwellenvertheilung ist ungleich durchgeführt, um zu vermeiden, dass die erste oder letzte Schwelle auf dem Widerlagsmauerwerk plazirt wird. Die Trägerstärke ist ausreichend bemessen, um geringe Verschiebungen der Schwellen zuzulassen. — Die Auflagerschuhe sind nach 3 Modellen hergestellt und haben folgende Abmessungen:

Brücken m. 1,25—2,5m Spw., 32zm lg., 41zm br., 4,5zm st. m. 21zm ⎫ Auflager-
" " 3,0 —3,5m " 37zm " 47zm " 4,5zm " " 27zm ⎬ breite des
" " 4,0 —4,5m " 37zm " 50zm " 4,5zm " " 30zm ⎭ Trägers.

Für die anderweiten Normalien der Hann. Staatsb., die sich auf Brücken mit beschränkter Konstruktions-Höhe beziehen (Fig. 476—489 u. Gruppe 4 der Tabelle S. 344) haben hinsichtlich der Belastung und sonstiger allgemeinen Verhältnisse die bereits oben gemachten Angaben etc. sinngemäss ebenfalls Geltung. Die betr. Konstruktionen sind indess weniger gleichartig als die vorhin besprochenen ausgebildet, indem die 9 Nummern dieser Gruppe in 3 Unterabtheilungen zerfallen, die in ihrer konstruktiven Anordnung Verschiedenheiten, z. Th. prinzipieller Art, aufweisen.

Die erste Unterabtheilung betrifft die Brücken von 1,25 bis 2,0m Weite (Fig. 476—480), bei denen Zwillingsbalken zur Anwendung kommen; die beiden, 31zm von Axe zu Axe entfernten Träger jedes Balkens sind durch Querstege, aus 2 ∟ Eisen und einem Mittelblech gebildet, verbunden, auf denen gusseiserne Schuhe liegen, welche den Schienenfuss aufnehmen; die Höhenlage der Stege ist so angenommen, dass der Schienenkopf die Oberkante der Balken um 5zm überragt. Zur Aussteifung der beiden Träger unter einander, sowie zur Aufnahme des Bohlenbelags der Fahrbahn dienen ∟ Eisen; ein horizontaler Kreuzverband ist nicht vorhanden.

Die 2. Unterabtheilung wird von den Brücken mit 2,5 — 4,0m Spannweite (Fig. 481—487) gebildet. Gegen die Brücken der Unter-


Fig. 476 (—480). L. W. 1,25m.
Fig. 477.
Fig. 478.
Fig. 479.
Fig. 480.
Fig. 481 (—482). L. W. 2,5m.
Fig. 482.
Fig. 483. L. W. 4,0m.
Fig. 487.
Fig. 484 (—487). L. W. 4,5m.
Fig. 485.
Fig. 488 (—489). L. W. 5,0m.
Fig. 486.
Fig. 489.
85×85×10
75×75×10
180×10

abth. 1 findet der Unterschied statt, dass neben den Absteifungen durch ⌊ Eisen ein horizontaler Kreuzverband aus 55 zu 77^{mm} starken Flacheisenstäben vorhanden ist.

Zu der 3. Unterabtheilung gehören die Brücken von 4,5 und 5,0^{m} Spannweite (Fig. 488, 489). Hierbei ist das Zwillingsbalken - System verlassen, weil bei Anwendung gewöhnlicher Träger mit in Schwellenweite angeordneten Querträgern die erforderliche Konstruktions-Höhe sich schon geringer als bei Zwillingsträgern herausstellt und auch eine Gewichtsvermehrung sich dadurch nicht ergiebt. Die Hauptträger haben in beiden Gurtungen bis zu den Trägerenden durchgeführte Lamellen; als Querträger dienen 30^{zm} hohe Walzträger, auf denen mit Zuhülfenahme eines gusseisernen Schuhes die Schienen direkt befestigt sind. Durch Anwendung genieteter Blechträger, anstatt der Walzträger, lässt sich die Höhe der Querträger noch um 6^{zm}, d. i. auf 24^{zm} ermässigen (s. Fig. 486—489). — Der horizontale Kreuzverband, zu welchem Flacheisen von 65 zu 10^{mm} benutzt werden, überspannt je 2 Felder. Der Anschluss der Querträger an die Hauptträger geschieht durch ein, nur bis zur Höhe des oberen Flansches der Querträger hinaufgeführtes ⌊ Eisen, und es wird zur Aussteifung der Anschlusspunkte an der Aussenseite der Hauptträger ein ⌊ Eisen aufgesetzt. —

Für die Brücken der Hannov. Staatsbahn von 5—10^{m} Spannweite wird die mobile Belastung aus den in Fig. 462 (S. 343) versinnlichten Annahmen berechnet.

Den Normalien von der Berlin-Stettiner Eisenb. sind die Skizzen Fig. 490—506 (Gruppe 2 der Tabelle S. 344) entnommen. Dieselben umfassen Brücken von 1—10^{m} Spannweite, welche je um 1^{m} fortschreitet, und setzen Unbeschränktheit der Konstruktions-Höhe voraus. Die Höhe der Träger liegt in den Grenzen von 1 : 7 bis 1 : 10. — Nach der Art der Querversteifungen bilden sich 3 Unter-Abtheilungen. In der ersten derselben, enth. die Brücken mit 1,0 und 2,0^{m} Spannweite (Fig. 490—493), dienen zur Querversteifung [Eisen; bei der 2. Unter-Abth., den Brücken mit 3^{m} Spannweite (Fig. 494, 495), werden diese durch ein Blech mit einseitig aufgenieteter Gurtung aus ⌊ Eisen ersetzt, und bei den Brücken der 3. Unter-Abtheil., von 4,0 bis 10,0^{m} Spannweite (Fig. 496—506), bestehen die Theile, welche zur Querabsteifung dienen, aus einem stehenden Kreuz aus ⌊ Eisen, dem ein liegender Kreuzverband aus Flacheisen hinzutritt; letzterer überspannt theils 2, theils auch 3 Schwellenfelder. — Die Lagerschuhe werden nach 4 Gruppen gebildet, die sich, bei nahezu konstant bleibender Breite der Trägergurtungen (s. die betr. Angaben d. Tabelle S. 344) fast nur in der Länge unterscheiden; letztere beträgt bezw. 30, 40, 50 und 60^{zm}; der zugelassene Maximaldruck zwischen Lagerschuh und Lagerstein beträgt 14,4^{k}; die Grösse der Lagersteine selbst ist so bemessen, dass dieselben einen Druck von 5^{k} auf das Mauerwerk der Widerlager ausüben. — Die Brücken zeichnen sich, wie die Tabelle erkennen lässt, durch ein relativ geringes Eigengewicht aus. Die Unterlagen der statischen Berechnung sind bei den verschiedenen Spannweiten wechselnd.

Die Brücken von 1,0 — 6,0^{m} Spannw. incl. sind, was die mobile Last betrifft, gleich belastet gedacht mit den kleinen Brücken der Hannov. Bahn (Fig. 461); das Eigengewicht pro lfd. ^{m} Brücke ist bestimmt nach der Formel: $p = 775 + 25$ Stützweite (Kilogr.), wovon 400^{k} als auf die Holztheile, der Rest auf die Eisenkonstruktion kommend gedacht sind. — Für die Brücken von 7,0 und 8,0^{m} Spannw. ist, der Maximal - Belastung entsprechend, eine Gesammt - Belastung

$P = p + q = 1000$ (16 — Stützweite in Met.) (Kilogr.) pro lfd. m Brücke in Rechnung gestellt. — Die Brücken von 9,0 und 10,0m Spannw. endlich sind unter Annahme einer Gesammt-Belastung $P = p + q = 6400^k$ pro lfd. m Brücke berechnet worden. Als zu-

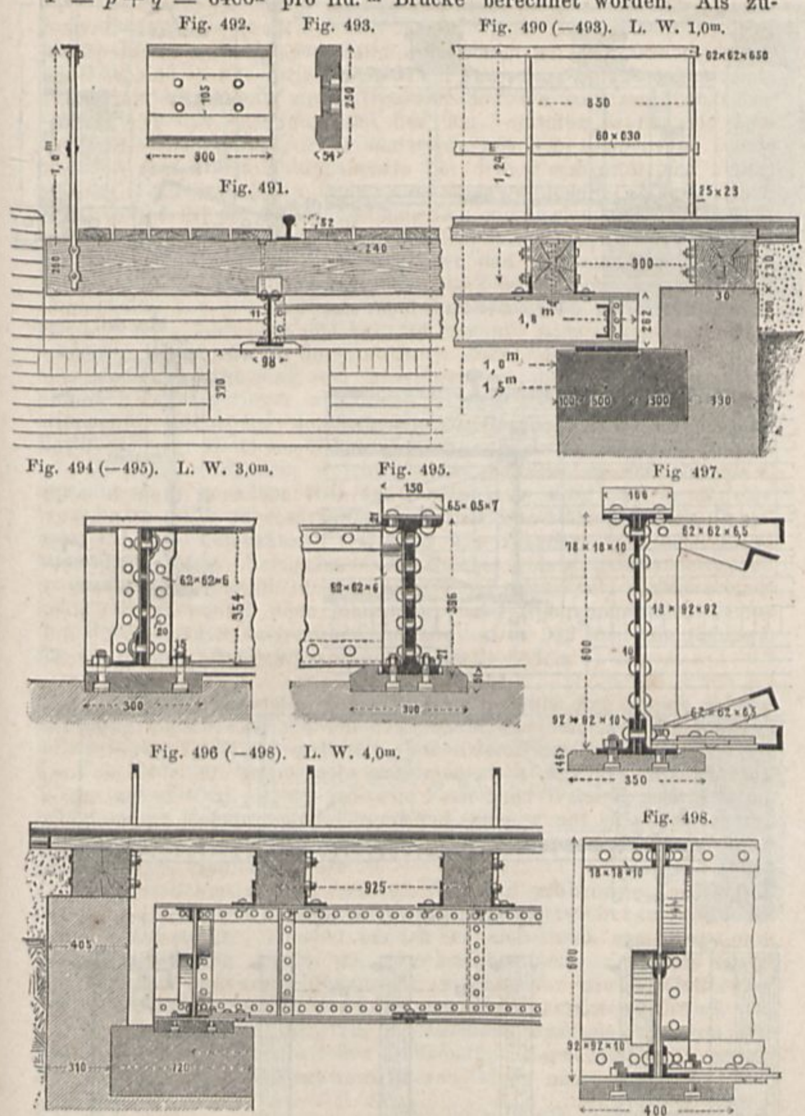


Fig. 492. Fig. 493. Fig. 490 (—493). L. W. 1,0m.

Fig. 491.

Fig. 494 (—495). L. W. 3,0m. Fig. 495. Fig 497.

Fig. 496 (—498). L. W. 4,0m.

Fig. 498.

lässige Beanspruchungen des Schmiedeeisens sind angenommen 600^k bei den kleinsten Brücken und 700^k für die grösseren, welche von 4,0m Spannweite an gezählt werden. Die Nietschnitte werden durchgängig abgerechnet. —

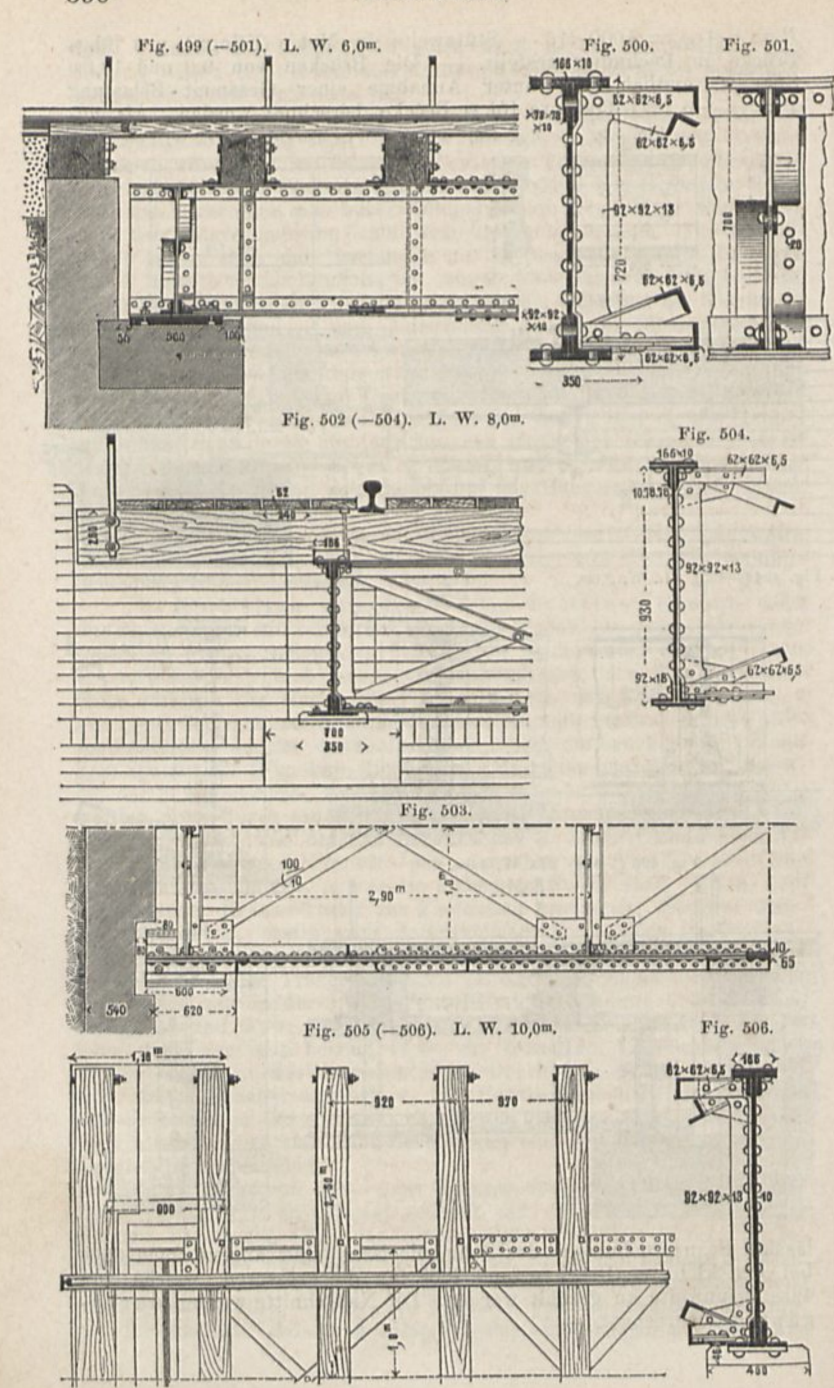


Fig. 499 (—501). L. W. 6,0m. Fig. 500. Fig. 501.

Fig. 502 (—504). L. W. 8,0m. Fig. 504.

Fig. 503.

Fig. 505 (—506). L. W. 10,0m. Fig. 506.

Von anderen als den beiden erwähnten preuss. Bahnen sind diejenigen Normalien entlehnt, auf welche sich die Zahlen in der Tabelle S. 344, Gruppe 3, No 1—8 beziehen; auch diese Normalien sind nach einheitlichen Gesichtspunkten entworfen. Neben Quer-Absteifungen, die in den Stufen bis $3{,}0^{m}$ incl. aus ⌊ Eisen, in der nächst höheren Stufe aus einer Blechwand mit Einfassung aus 4 ⌊ Eisen, und in den übrigen Stufen aus gekreuzten ⌊ Eisen bestehen, kommt durchgängig ein horizontaler Kreuzverband aus Flacheisen vor. Als mobile Belastung sind bei den 3 unteren Stufen (bis $2{,}5^{m}$ Spannweite einschliesslich) Lokomotiven mit dem Druck von 7500^{k} pro Rad und einem Achsenstande, bei dem gleichzeitig nur 1 Rad auf der Stützlänge Platz findet, angenommen worden; bei den höheren Stufen ist die Belastungs-Annahme mit derjenigen übereinstimmend, welche durch Fig. 461 versinnlicht wird. Als zulässige Spannungszahl sind 700^{k} pro $\square^{zm}$ gerechnet und werden sämmtliche Nietschnitte in Abrechnung gebracht. Die Fahrbahn besteht aus einem Bohlenbelag von 5^{zm} Stärke. Die Schwellen haben bei den Spannw. bis $3{,}0^{m}$ incl., $2{,}5^{m}$, bei den höheren Spannw. $4{,}0^{m}$ Länge und sind nach den Enden hin an der Unterseite etwas verschwächt; die gusseisernen Gleitschuhe sind sehr individuell ausgebildet, an Grösse sind dieselben etwas geringer aber doch nahezu mit denjenigen übereinstimmend, welche bei den Brücken der Hannov. Staatsb. und der Berlin-Stettiner Bahn im Gebrauch sind. —

Die Zahlenangaben, welche in der Tabelle zu der Gruppe 5 gemacht sind, beziehen sich auf Normalien der österr. Nordwestbahn. Bei unbeschränkter Konstruktions-Höhe liegt die Fahrbahn auf, bei beschränkter zwischen den Trägern; alle betr. Konstruktionen haben ein Eigengewicht, welches über dasjenige der sonst in der Tabelle aufgeführten Normalien mehr oder weniger weit hinaus geht. Die Annahme über Belastungs- und Spannungszahlen dürfte den Bestimmungen entsprechen, welche auf S. 342 über die Brücken für die österr. Eisenbahnen sich mitgetheilt finden. —

3. Wege-Unterführungen. Diese Bauwerke haben den Zweck, in der Kreuzung eines Weges mit einer Eisenbahn auf beiden Strassen einen unbehelligten Verkehr zu gestatten, was in der Weise erreicht wird, dass die Fahrbahn der Eisenstrasse entsprechend höher als diejenige des Weges gelegt wird. Dieser spezielle Zweck der Wege-Unterführungen bringt einige Konstruktions-Eigenthümlichkeiten mit sich, welche die Behandlung der betr. Bauwerke in einer besonderen Abtheilung des gegenwärtigen Kapitels erfordern.

Fast ausnahmslos wird bei den Wege-Unterführungen die Frage der möglichsten Beschränkung der Konstruktionshöhe in erster Linie stehen. Hierbei handelt es sich theils um Weite und Höhe der Oeffnung, die für den gewöhnlichen Verkehr frei zu halten ist, theils um dasjenige Höhenmaass, welches für die Durchführung des Ueberbaues erforderlich ist, die sog. Konstruktionshöhe.

Weite und Höhe der frei zu lassenden Oeffnung sind von der Bedeutung und Belegenheit des kreuzenden Weges abhängig; einige Angaben über Minimalmaasse hierzu folgen nachstehend:

Für Feldwege	$3{,}80^{m}$ lichte Weite,	$3{,}80^{m}$ lichte Höhe
„ Chaussirte Strassen mit nicht grosser Frequenz .	$4{,}7$—$5{,}5^{m}$ „	$4{,}7$—$5{,}0$ „
„ Frequente Chausseen . .	$5{,}5$—$7{,}5^{m}$ „	$4{,}7$—$5{,}0$ „
„ Dorfstrassen	$4{,}2$—$5{,}0^{m}$ „	$4{,}0$—$4{,}5$ „

Diese Maasse werden auf deutschen Bahnen häufig angetroffen und gelten, wenn die Oeffnung mit geraden Trägern überdeckt ist. Findet die Ueberdeckung mittels Bogenkonstruktion oder Gewölbe statt, so ist ein geringer Zuschlag an Höhe erforderlich, bezw. muss im Mitteltheil der Unterführung ein Streifen von 2,5—3,0^{m} Breite vorhanden sein, in welchem die lichte Höhe nicht kleiner als die zulässige Minimalhöhe ist.

Auf fremdländischen Bahnen werden die Lichtöffnungen bei Wege-Unterführungen häufig etwas grösser als bei den deutschen Bahnen gewählt. Bei den schweizerischen Bahnen kommen z. B. folgende Abmessungen vor:

	Weite	Höhe
Für Feldwege	2,7—4,5^{m} Weite,	3,6—4,8^{m} Höhe
„ Fusswege	1,5 – 2,7^{m} „	2,4—3,6^{m} „
„ Chaussirte Strassen mit nicht grosser Frequenz	3,6—5,4^{m} „	4,8—5,1^{m} „
„ Frequente Chausseen	5,4—7,2^{m} „	5,1—5,4^{m} „

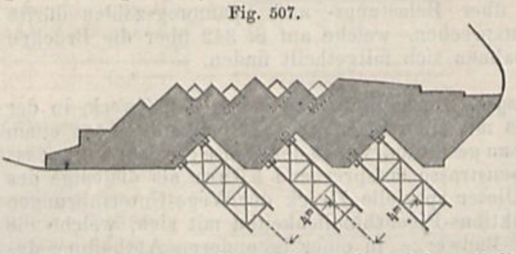
Auf französischen Bahnen wechselt die nach Klassen festgesetzte Weite der Wege-Unterführungen zwischen 4,0 und 8,0^{m}, die Höhe zwischen 4,3 und 5,0^{m}.

Was die nothwendigen Konstruktionshöhen bei Ausführung mit Gewölbe- bezw. Eisen-Ueberbau betrifft, so finden hierzu die speziellen Angaben auf S. 338 Anwendung.

Für die Minimal-Radien und Maximal-Steigungen, die bei Wege-Unterführungen angenommen werden können, gelten die Angaben S. 267 f., welche für Plan-Uebergänge sich dort mitgetheilt finden.

Im allgemeinen wird man das Bauwerk einer Wege-Unterführung gern so disponiren, dass die Kreuzung mit der Bahn unter rechtem Winkel geschieht; bei Chausseen, Dorf- und Stadt-Strassen wird man indess die erforderlichen Verlegungen häufig nicht wohl ausführbar finden und es muss dann die Unterführung mit wenig oder gar nicht veränderter Richtung des Weges hergestellt werden. In solchen Fällen wird die Ausführung durch Wahl von Eisen-Ueberbau erleichtert, bei dem es nicht schwer hält, sich Kreuzungswinkeln von 60° und selbst weniger anzubequemen. Ein betr. Beispiel liefert die Skizze Fig. 507, welche das Widerlager für eine Unterführung mit bogenförmigem eisernen Ueberbau darstellt, deren Kreuzungswinkel mit der Bahn etwa 50° beträgt; in die Abtreppungen, die an der Hinterseite des Widerlagers sich finden, sind zur besseren Vertheilung des Bogenschubes grosse Granitplatten eingesetzt, wie es die Skizze andeutet. —

Fig. 507.



Einige Beispiele zu Wege-Unterführugen mit Gewölbebau stellen die Fig. 508—512 dar. Fig. 508 u. 509 sind nach dem System der sog. unterdrückten Widerlager gelöst. Dies System erfreut sich besonders bei französischen Bahnen einer grossen Beliebtheit durch die Vorzüge, die dasselbe darin besitzt, dass das Bauwerk, bei

Fig. 508.

Fig. 509.

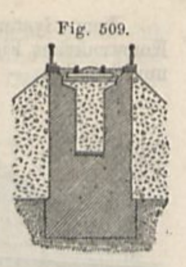


Fig. 510.

Fig. 511.

Fig. 512.

Fortfall der Flügel auf eine relativ geringe Länge beschränkt werden kann; dass nur geringe Mauerflächen sichtbar sind, daher an Arbeitslohn und Unterhaltungskosten gespart wird; endlich dass bei schiefer Lage des Bauwerks die Ausführung desselben relativ leicht ist. Ist der Bogen hinreichend flach, so kann durch Reduktion der Böschungskegel später noch eine etwa nöthig werdende Erbreiterung der Oeffnung hergestellt werden. Je mehr komprimirt oder fest der Dammkörper ist, um so grösser ist die Ersparniss an Mauerwerk. Man hat diese Konstruktion, ausser in Felsboden, auch bei gut gelagertem fetten Thonboden zur Anwendung gebracht, und es sind damit Spannweiten bis zu 18^{m} erreicht worden.

Dem System mit unterdrückten Widerlagern gehört auch die Konstruktion Fig. 510, 511 an, die von einer französischen Bahn entnommen ist. — Fig. 512, von der Saarbrücken-Trierer Bahn entlehnt, zeigt Besonderheiten der Konstruktion nur darin, dass das Bauwerk gleichzeitig für den Dienst als Durchlass und als Wege-Unterführung eingerichtet ist.

Fig. 513.

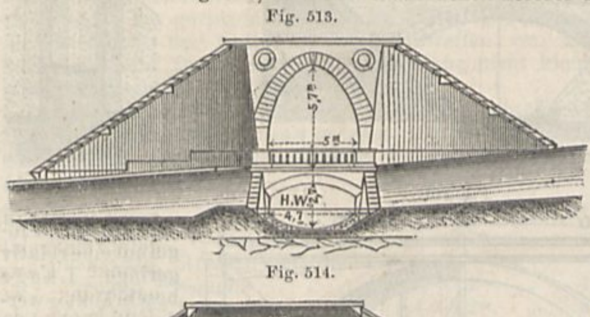
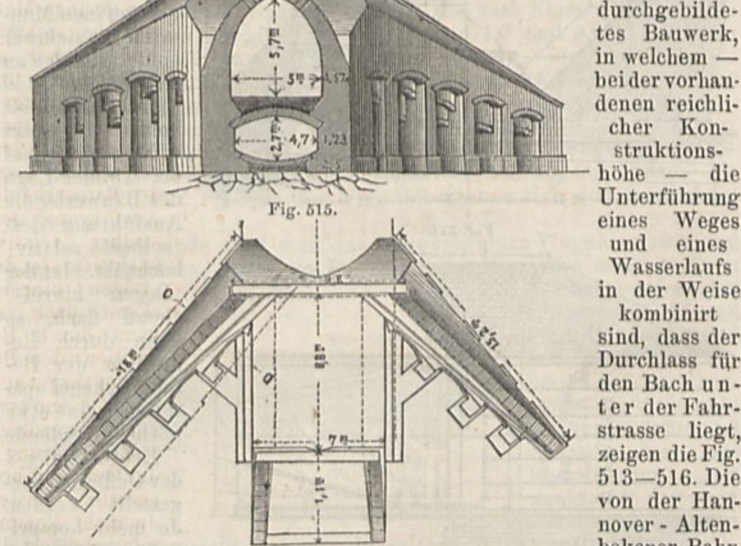




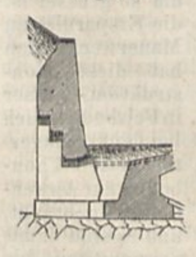
Fig. 514.

Fig. 515.



Ein sehr eigenartig durchgebildetes Bauwerk, in welchem — bei der vorhandenen reichlicher Konstruktionshöhe — die Unterführung eines Weges und eines Wasserlaufs in der Weise kombinirt sind, dass der Durchlass für den Bach u n t e r der Fahrstrasse liegt, zeigen die Fig. 513—516. Die von der Hannover-Altenbekener Bahn entnommene Konstruktion ist, wie die Skizzen erkennen lassen, in allen ihren Theilen mit grosser Sorgfalt und geringstem Materialaufwand durchgeführt. —

Fig. 516.



Als allgemeine Bemerkung kann in Bezug auf W ö l b - K o n s t r u k t i o n e n bei Wege-Unterführungen hier noch hinzugefügt werden, dass der H a l b k r e i s b o g e n selten zur Anwendung kommen wird, weil bei demselben das Verhältniss der erforderlichen Mauerwerksmassen zur lichten Oeffnung relativ ungünstig ist und es sich um Aufnahme bedeutender Druckkräfte in der Konstruktion nur in vereinzelten Fällen handeln wird. —

Beispiele zu W e g e - U n t e r f ü h r u n g e n m i t U e b e r b a u i n E i s e n. 2 Unterführungen von einfacher Art geben die Skizzen Fig. 517—519

an; in der Konstruktion Fig. 517, welche von der Oldenb. Bahn entnommen ist, sind wegen sehr beschränkter Konstruktionshöhe Zwillingsbalken verwendet und aus gleichem Grunde die Durchgänge für

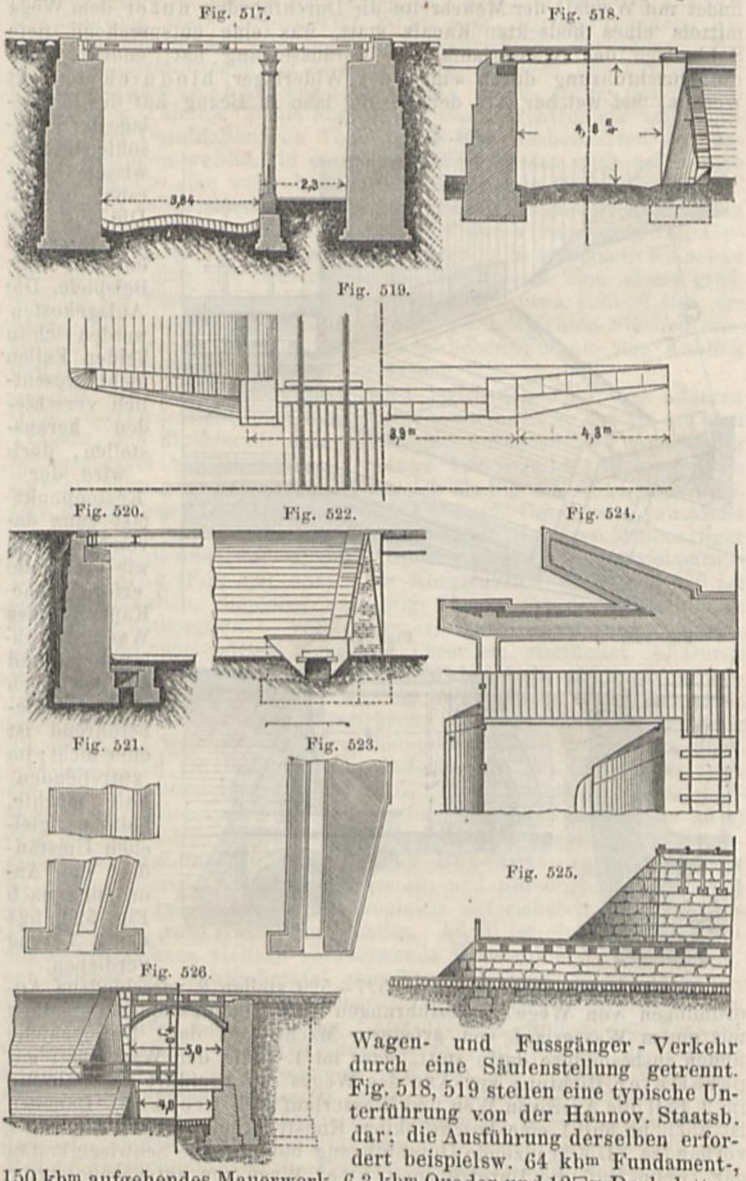


Fig. 517. Fig. 518. Fig. 519. Fig. 520. Fig. 522. Fig. 524. Fig. 521. Fig. 523. Fig. 525. Fig. 526.

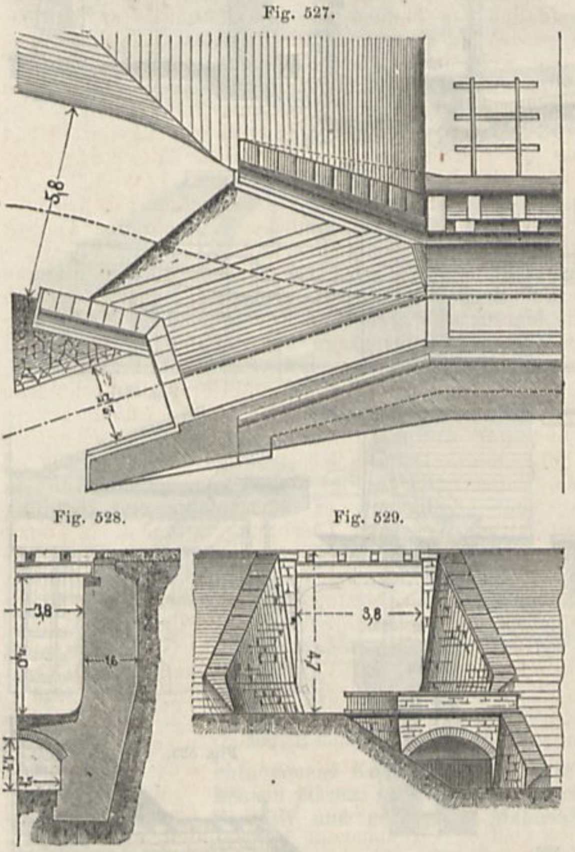
Wagen- und Fussgänger-Verkehr durch eine Säulenstellung getrennt. Fig. 518, 519 stellen eine typische Unterführung von der Hannov. Staatsb. dar; die Ausführung derselben erfordert beispielsw. 64 kb^m Fundament-, 150 kb^m aufgehendes Mauerwerk, 6,3 kb^m Quader und 12□^m Deckplatten.

Wenn eine Wege-Unterführung gleichzeitig zur Durchleitung eines Wasserlaufs von geringer Mächtigkeit benutzt wird, so kann dies in

dreierlei Art geschehen. Entweder wird der Wasserlauf neben dem Wege in einem offenen Kanale durchgeführt, in welchem Falle sich die Lichtweite der Unterführung um die Kanalbreite vergrössert, oder es findet mit Wegfall der Mehrbreite die Durchführung unter dem Wege mittels eines bedeckten Kanals statt, was eine entsprechend tiefe Sohlenlage des Wasserlaufs zur Voraussetzung hat; endlich kann die Durchführung durch eines der Widerlager hindurch bewirkt werden, bei welcher Art der Lösung man in Bezug auf die Höhenlage der Bachsohle einen gewissen Spielraum besitzt. Die Fig. 520 bis 523 zeigen ein paar betr. Beispiele. Die Anlagekosten werden sich in beiden Fällen nicht wesentlich verschieden herausstellen, doch wird der Kostenpunkt fast ganz davon abhängen, wie gross die erforderliche Kapazität des Wasser-Durchlasses ist und ob der Bach etwa geschiebeführend ist oder nicht; im zutreffenden Fall möchte, bei sonst gleichen Umständen, die Anordnung nach Fig. 520, 521 den Vorzug verdienen.

Fig. 527.

Fig. 528. Fig. 529.



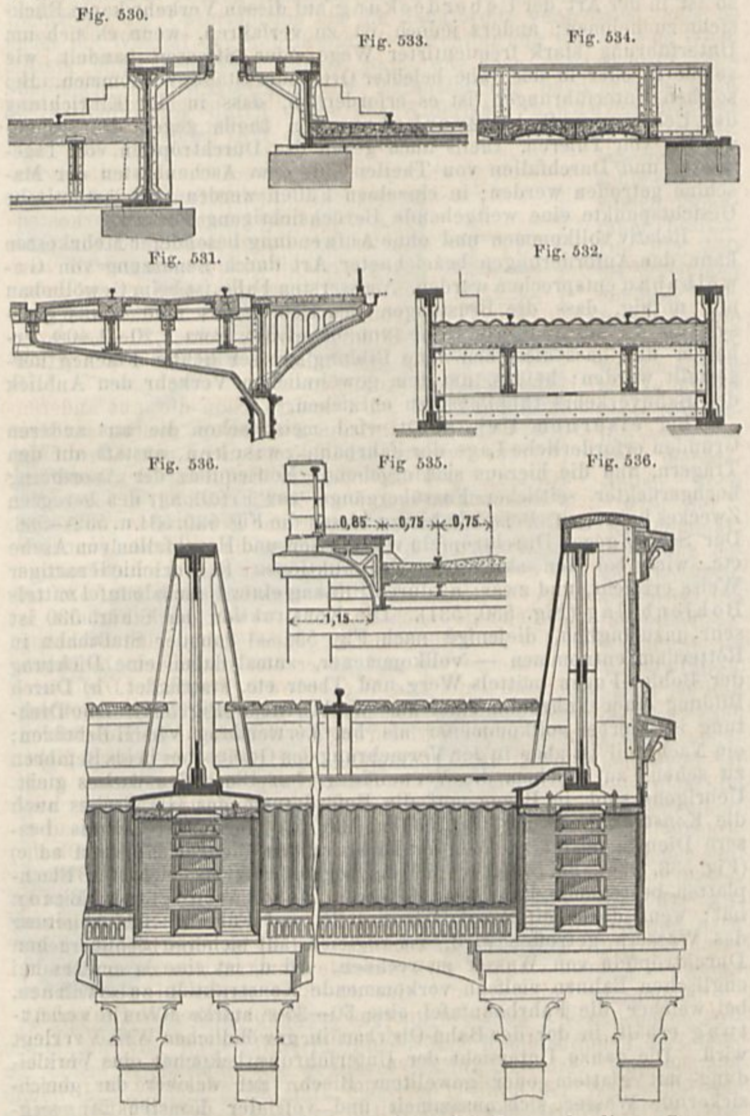
Die Fig. 524—526 und Fig. 527—529 stellen 2 verschiedene Anordnungen von Wege-Unterführungen und Kombinationen derselben mit einem Wasserlauf von grösserer Mächtigkeit dar. Unterschiede finden insbesondere darin statt, dass im 1. Falle der Wasserlauf mit paralleler Richtung zur Axe des Weges durchgeführt ist, während im 2. Fall die Axen von Weg und Wasserlauf sich kreuzen. Daneben ist auch im Fall 1 eine beschränktere Konstruktionshöhe als im Fall 2 vorhanden. Die kreuzende Durchführung bietet einige Schwierigkeiten dar, wenn auf die Unterführung zwei Wege von entgegengesetzter Richtung münden, bezw. von dort ausgehen, während für diesen Fall die parallele Durchführung eine möglichst einfache Lösung gestattet.

Wenn eine Wege-Unterführung wenig frequentirt wird, oder wenn dieselbe etwa nur für geringen landwirthschaftlichen Verkehr dient, so ist in der Art der Ueberdeckung auf diesen Verkehr kaum Rücksicht zu nehmen; anders jedoch ist zu verfahren, wenn es sich um Unterführung stark frequentirter Wege oder Strassen handelt, wie solche in oder in der Nähe belebter Orte oder Städte vorkommen. Bei solchen Unterführungen ist es erforderlich, dass in der Einrichtung des Ueberbaues Schutzvorkehrungen theils gegen das Scheuwerden von Thieren, theils auch gegen das Durchtröpfeln von Tagewasser und Durchfallen von Theilen aus dem Aschenkasten der Maschine getroffen werden; in einzelnen Fällen werden auch ästhetische Gesichtspunkte eine weitgehende Berücksichtigung fordern.

Relativ vollkommen und ohne Aufwendung besonderer Mehrkosten kann den Anforderungen bezeichneter Art durch Benutzung von Gewölbebau entsprochen werden. Aeussersten Falls ist beim Gewölbebau nur nöthig, dass die Brüstungen des Ueberbaues eine etwas grössere als die sonst übliche Höhe (von 0,8—1,0^{m}), etwa 1,20—1,40^{m}, erhalten und dass dieselben ohne Bildung grosser lichter Flächen hergestellt werden; beides, um dem gewöhnlichen Verkehr den Anblick des Bahnverkehrs thunlichst zu entziehen.

Bei eisernem Ueberbau wird meist schon die aus anderen Gründen erforderliche Lage der Fahrbahn zwischen, anstatt auf den Trägern, und die hieraus sich ergebende Konsequenz der Anordnung hochgerückter seitlicher Fussübergänge zur Erfüllung des beregten Zweckes beitragen. Beispiele hierzu bieten die Fig. 530, 531 u. 532—536. Der Schutz gegen Durchtröpfeln von Wasser und Herabfallen von Asche etc. wird bei den skizzirten Konstruktionen in verschiedenartiger Weise erreicht, und zwar: a) durch Bildung einer Fahrbahntafel mittels Bohlenbelag (Fig. 530, 531). Die Konstruktion nach Fig. 530 ist sehr unzulänglich, diejenige nach Fig. 531 — von der Stadtbahn in Rotterdam entnommen — vollkommener, zumal dabei eine Dichtung der Bohlen-Fugen mittels Werg und Theer etc. stattfindet. b) Durch Bildung einer Fahrbahn-Tafel aus Wellblech (Fig. 532). Die Dichtung ist hierbei vollkommener als bei Verwendung von Holzbohlen; ein Nachtheil ist aber in der Vermehrung des Geräusches beim Befahren zu sehen, zu welchem die Verwendung von Blech den Anlass giebt. Uebrigens sind in Bezug auf die Beförderung des Geräusches auch die Konstruktionen Fig. 530, 531 u. 535, 536 ungünstig. Etwas bessere Dienste leistet nach dieser Richtung hin die Konstruktion ad c) (Fig. 533, 534), bei welcher die aus bogenförmig zugerichteten Blechplatten bestehende Fahrbahntafel eine Beschüttung mit Beton hat; wenn diese mit Sorgfalt hergestellt und Fürsorge für Ableitung des Wassers getroffen wird, ist zugleich auf sicheren Schutz gegen Durchtröpfeln von Wasser zu rechnen. Ad d) ist eine besonders bei englischen Bahnen vielfach vorkommende Konstruktion zu erwähnen, bei welcher die Fahrbahntafel eine 30—35^{zm} starke Kiesbeschüttung erhält, in der der Bahn-Oberbau in gewöhnlicher Weise verlegt wird. Die ganze Untersicht der Unterführung bekommt eine Verkleidung mit glattem oder gewelltem Blech, auf welcher das durchsickernde Wasser sich ansammelt und von der dasselbe in geeigneter Weise wieder abgeleitet wird. — Dieser Konstruktion sich nähernd, aber weniger vollkommen, ist diejenige, welche in der Skizze Fig. 535 dargestellt ist. — Fig. 536, von einer Unterführung der Wiener Verbindungsbahn am Praterstern entnommen, zeigt eine vollständige Verkleidung der von unten aus sichtbaren Theile mit Well-

blech und glattem Blech, eine Einrichtung, welche wesentlich auf ästhetischen Rücksichten basirt. —



4. Wege-Ueberführungen (Wegebrücken). Die Bauwerke dieser Gattung weisen gegen Brücken gewöhnlicher Art, wie sie in Chausseen und Landwegen vorkommen, keine prinzipiellen Unterschiede auf und es kann die Besprechung derselben daher auf Hervorhebung desjenigen beschränkt werden, was dieselben an solchen Besonderheiten bieten, die durch ihre N a c h b a r l a g e z u e i n e r E i s e n b a h n bedingt sind.

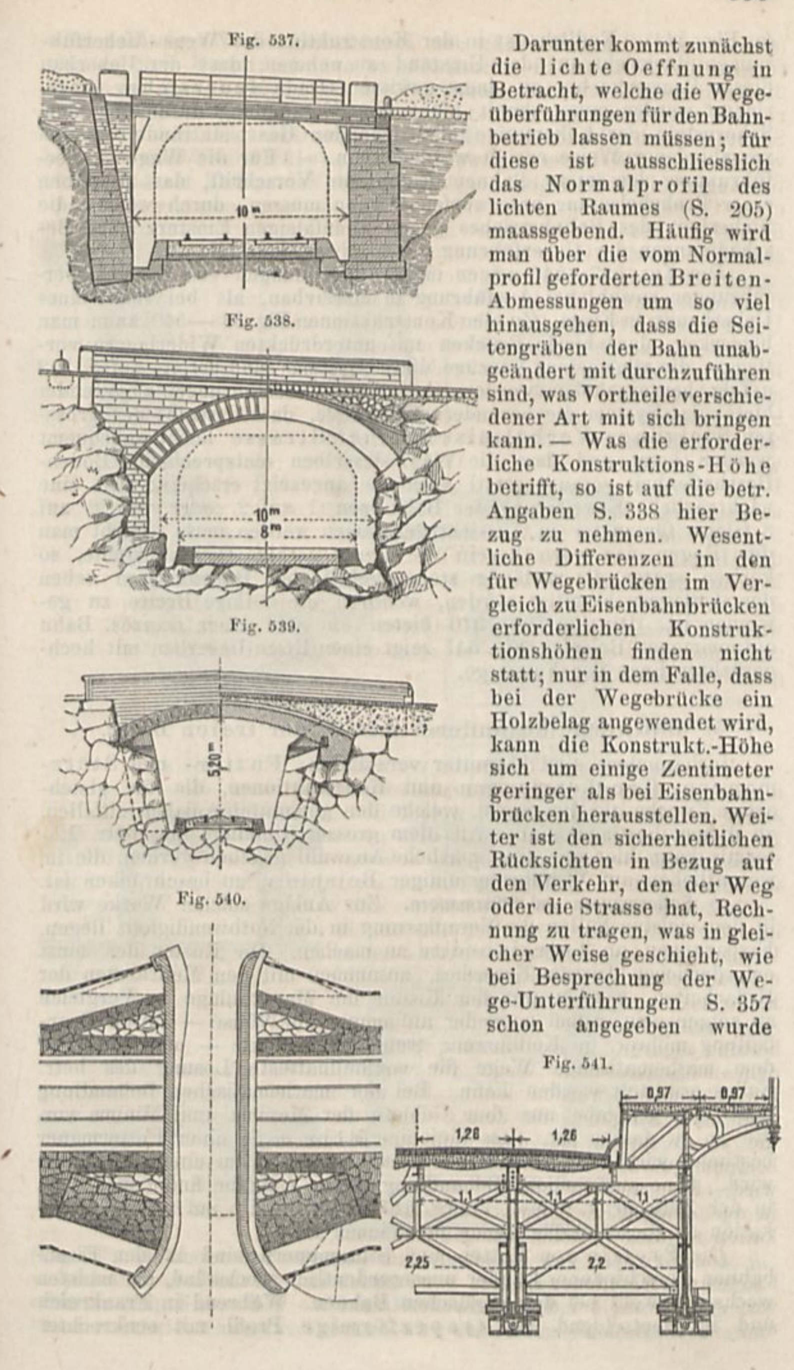


Fig. 537. Fig. 538. Fig. 539. Fig. 540. Fig. 541.

Darunter kommt zunächst die lichte Oeffnung in Betracht, welche die Wegeüberführungen für den Bahnbetrieb lassen müssen; für diese ist ausschliesslich das Normalprofil des lichten Raumes (S. 205) maassgebend. Häufig wird man über die vom Normalprofil geforderten Breiten-Abmessungen um so viel hinausgehen, dass die Seitengräben der Bahn unabgeändert mit durchzuführen sind, was Vortheile verschiedener Art mit sich bringen kann. — Was die erforderliche Konstruktions-Höhe betrifft, so ist auf die betr. Angaben S. 338 hier Bezug zu nehmen. Wesentliche Differenzen in den für Wegebrücken im Vergleich zu Eisenbahnbrücken erforderlichen Konstruktionshöhen finden nicht statt; nur in dem Falle, dass bei der Wegebrücke ein Holzbelag angewendet wird, kann die Konstrukt.-Höhe sich um einige Zentimeter geringer als bei Eisenbahnbrücken herausstellen. Weiter ist den sicherheitlichen Rücksichten in Bezug auf den Verkehr, den der Weg oder die Strasse hat, Rechnung zu tragen, was in gleicher Weise geschieht, wie bei Besprechung der Wege-Unterführungen S. 357 schon angegeben wurde

(s. Fig. 541). Endlich ist in der Konstruktion der Wege-Ueberführungen Rücksicht auf den Umstand zu nehmen, dass der Ueberbau dieser Bauwerke bis zu einem gewissen Grade feuersicher eingerichtet werden muss, damit nicht eine Entzündung durch die dem Schornstein der Lokomotive entströmenden Gase stattfinde, was in verschiedener Weise erzielt werden kann. — Für die Wege-Ueberführungen der österr. Bahnen besteht die Vorschrift, dass dieselben einer Probebelastung unterworfen werden müssen, durch welche die Sicherheit des Bahnbetriebes gegen allenfalsigen Einsturz oder Beschädigungen der Ueberführung erwiesen werden soll. —

Die Fig. 537—540 zeigen einige Anordnungen von Wege-Ueberführungen sowohl bei Ausführung in Massivbau, als bei Wahl eines Ueberbaues in Eisen. Zu den Konstruktionen Fig. 538—540 kann man bemerken, dass hierin Brücken mit unterdrückten Widerlagern vorliegen; die allgemeinen Vorzüge dieses Systems sind bereits auf S. 352 u. folg. hervorgehoben worden. Auf Wege-Ueberführungen angewendet bietet das System die besonderen Vortheile, dass dasselbe den grössten Steigungs-Verhältnissen einer Strasse leicht anbequemt werden kann und dass die Wahl desselben (entsprechende Boden-Beschaffenheit vorausgesetzt) auch da angezeigt erscheint, wo eine nachträgliche Erweiterung der Bahn von 1 auf 2, oder von 2 auf 3 Gleise für später in Aussicht genommen werden muss. Giebt man dem Bogen von vorn herein die hierzu nöthige Oeffnungsweite, so können später die vorläufig stehen gebliebenen Bodenmassen neben den Auflagern beseitigt werden, wodurch die nöthige Breite zu gewinnen ist. Die Fig. 539, 540 bieten ein von einer französ. Bahn entnommenes Beispiel, Fig. 541 zeigt einen Eisen-Ueberbau mit hochgerückter Lage der Fusswege.

e. Bauwerke besonderer Art in der freien Bahn.

Insbesondere sind hierunter verstanden: Futter- und Stützmauern, Trockenmauern und Konstruktionen, die für gleichartige Zwecke als diejenigen, welche den genannten Anlagen zufallen, zu dienen bestimmt sind. Aus dem grossen Umfange des betr. Materials kann hier nur eine spärliche Auswahl gegeben werden, die im wesentlichen auf Vorführung einiger Beispiele zu beschränken ist.

a) **Futtermauern und Stützmauern.** Zur Anlage solcher Werke wird in den meisten Fällen die Veranlassung in der Nothwendigkeit liegen, Ersparungen an Terrainbreite zu machen. Die Kosten des sonst erforderlichen Terrain-Erwerbes, zusammen mit den Mehrkosten der Erdarbeiten, werden mit den Kosten der Maueranlage in Vergleich zu setzen sein, wobei entweder auf empirische Weise — durch Bearbeitung mehrer, in Konkurrenz tretender Projekte — oder auch auf dem mathematischen Wege die vortheilhafteste Lösung des betr. Falles ermittelt werden kann. Bei der mathematischen Behandlung liegt eine Aufgabe aus dem Gebiete der Maxima und Minima vor, die so zu fassen ist, dass diejenige Höhe $= h_0$ einer Futtermauer bestimmt wird, bei welcher die Kostenersparniss zu einem Maximum wird. Eine ausführliche Behandlung dieser Aufgabe findet sich u. a. in der Zeitschr. f. Bauw., Jahrg. 1875 pag. 237 ff., auf welche Publikation an dieser Stelle Bezug zu nehmen ist.

Die Profile von Futter- und Stützmauern sind in den Eisenbahnen verschiedener Länder ausserordentlich wechselnd, am meisten wechselnd wohl bei den englischen Bahnen. Während in Frankreich und in Deutschland das trapezförmige Profil mit senkrechter

oder geböschter Vorderfläche, bezw. mit senkrechter, geböschter oder abgetreppter Hinterfläche vorwiegt, kommt in England besonders häufig das geschwungene, der Drucklinie sich möglichst anschmiegende Profil mit ziemlich typischer Durchführung aller Verhältnisse desselben vor. Fig. 542 zeigt dies Profil, zu welchem zu bemerken ist, dass man die mittlere Stärke desselben etwa = 0,2 der Höhe macht und als Radius der vorderen Begrenzungslinie das 2fache der Höhe annimmt. In 4 bis 5m Abstand werden meist Strebepfeiler an der Rückseite der Mauer angeordnet, deren Hinterfläche vertikal, deren Breite etwa gleich der mittleren Mauerstärke ist und deren Dicke so bestimmt wird, dass dieselbe oben um das Maass der mittleren Mauerstärke gegen die Hinterfläche der Mauer vortritt. — Weitere Formen englischer Futtermauern zeigen die Fig. 543 — 547, in welchen Konstruktionen der Erddruck möglichst auf Pfeiler übertragen wird, zwischen denen Kappen gespannt sind, welche entweder rouladenartig mit grösserer Stärke, (Fig. 543, 544) oder nur schwach und eintheilig hergestellt werden, in welch letzterem Falle sie zur Verstärkung eine Hinterfüllung mit Beton erhalten (Fig. 545—547). — Gute Entwässerung der Hinterfüllung ist bei den relativ schwachen Profilen der englischen Futtermauern eine

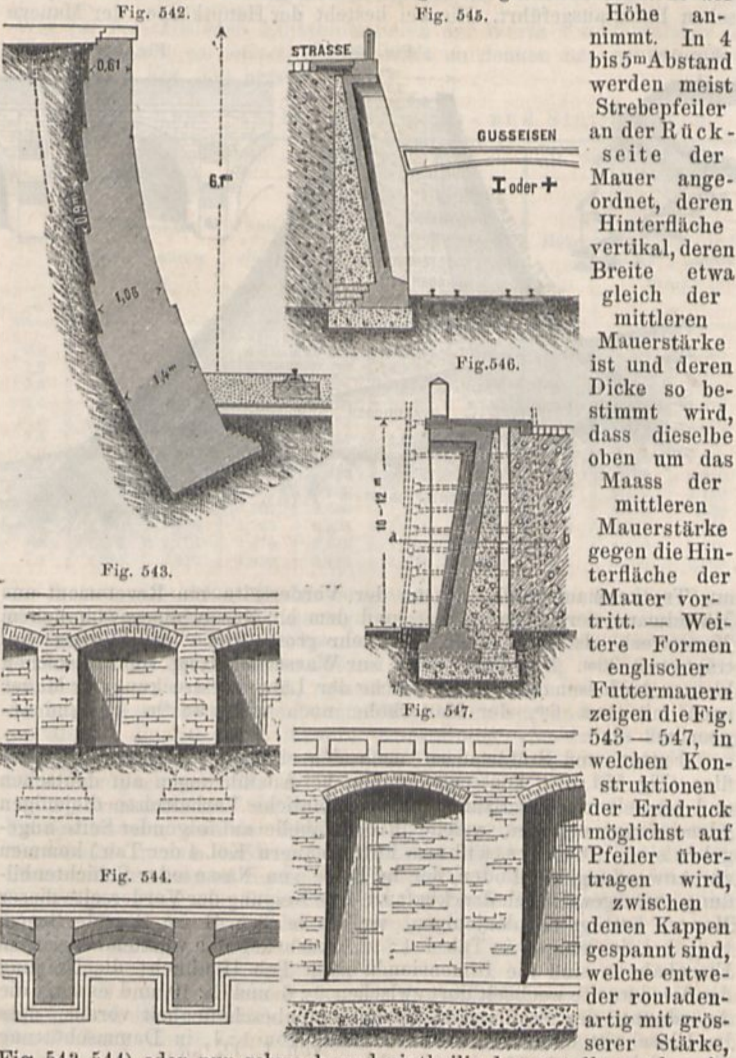
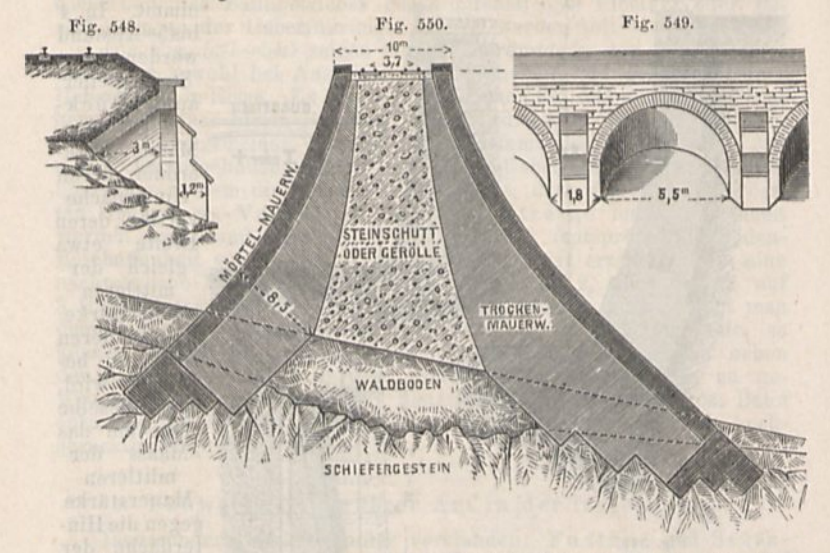


Fig. 542. Fig. 545. Fig. 546. Fig. 543. Fig. 547. Fig. 544.

Haupt-Anforderung, der man in der Regel durch Ausführung eines Kanals in der Bahnaxe mit häufigen Zuleitungen von den Seiten her (5—10^{m} Abstand) und durch Bildung von Sickerkanälen oder Hohlräumen aus Steinpackungen genügt. —

Ein paar besondere Arten der Ausführung stützender Anlagen zeigen die Fig. 548—550. Fig. 548, 549 sind von einer englischen Bahn entlehnt, die Anlage nach Fig. 550 ist auf einer bayerischen Bahn ausgeführt. Hierbei besteht der Hauptkörper der Mauern

Fig. 548. Fig. 550. Fig. 549.



aus Trockenmauerwerk, das an der Vorderseite ein Revetement aus Mörtelmauerwerk erhalten hat, und dem ein Massiv aus gewöhnlichem Mauerwerk als Basis dient; die sehr grosse Höhe des Dammes beträgt etwa 30^{m}. Die Mauer wird zur Wasserableitung von zahlreichen kleinen Auslässen durchsetzt, welche der Längenerstreckung der Mauer nach mit etwa 6^{m}, der Mauerhöhe noch mit etwa 9^{m} Abstand angeordnet sind. —

Futter- und Stützmauern nach den einfachen trapezartigen Profilen (Fig. 551, 552) konstruirt, haben bei Ausführungen auf deutschen und schweizerischen Bahnen für gewöhnliche Verhältnisse diejenigen Abmessungen erhalten, welche in der Tabelle auf folgender Seite angegeben sind. Die verstärkten Futtermauern (Kol. 4 der Tab.) kommen zur Anwendung bei Boden, der in Folge von Nässe oder Schichtenbildung aussergewöhnlich druckhaft ist. Die Neigung der Vorderseite dieser Mauern beträgt bei denjenigen, welche in Tab. II zu Grunde liegen, 1 : 6, bei denjenigen in Tab. I 1 : 12. Auch auf den württembergischen Eisenbahnen sind die Dimensionen nach Tab. II üblich; die Neigung der Vorderseite wechselt dort zwischen 1 : 6 und 1 : 10 und es setzt die Anordnung der Profile eine solche Bodenbeschaffenheit voraus, dass im Einschnitt eine natürliche Böschung von 1 : 1, in Dammschüttung eine solche von 1 : 1½ sich ergiebt.

Eine empirische Formel, welche Profile wie Fig. 553 voraussetzt und die Resultate giebt, die den betr. Zahlen der Tabelle sich nähern, ist, wenn d_1 die obere Stärke der Stützmauer bezeichnet:

$$d = 0{,}292 + 0{,}270\,h - 0{,}10\,h\left(1 - \frac{H}{3h}\right)^2 \quad \text{(Meter)} \qquad \text{(I)}$$

Für $H = 0$ geht dieselbe über in

$$d_0 = 0{,}292 + 0{,}17\,h \qquad \text{(II)}$$

und für alle Werthe von $H \gtreqless 3h$ in

$$d_1 = 0{,}292 + 0{,}27\,h \qquad \text{(III)}$$

Wie bei verschiedenen Einschnittstiefen der Werth von H, welcher in diesen Formeln vorkommt, als ermittelt zu denken ist, geht aus der zugehörigen Fig. 553 hervor. —

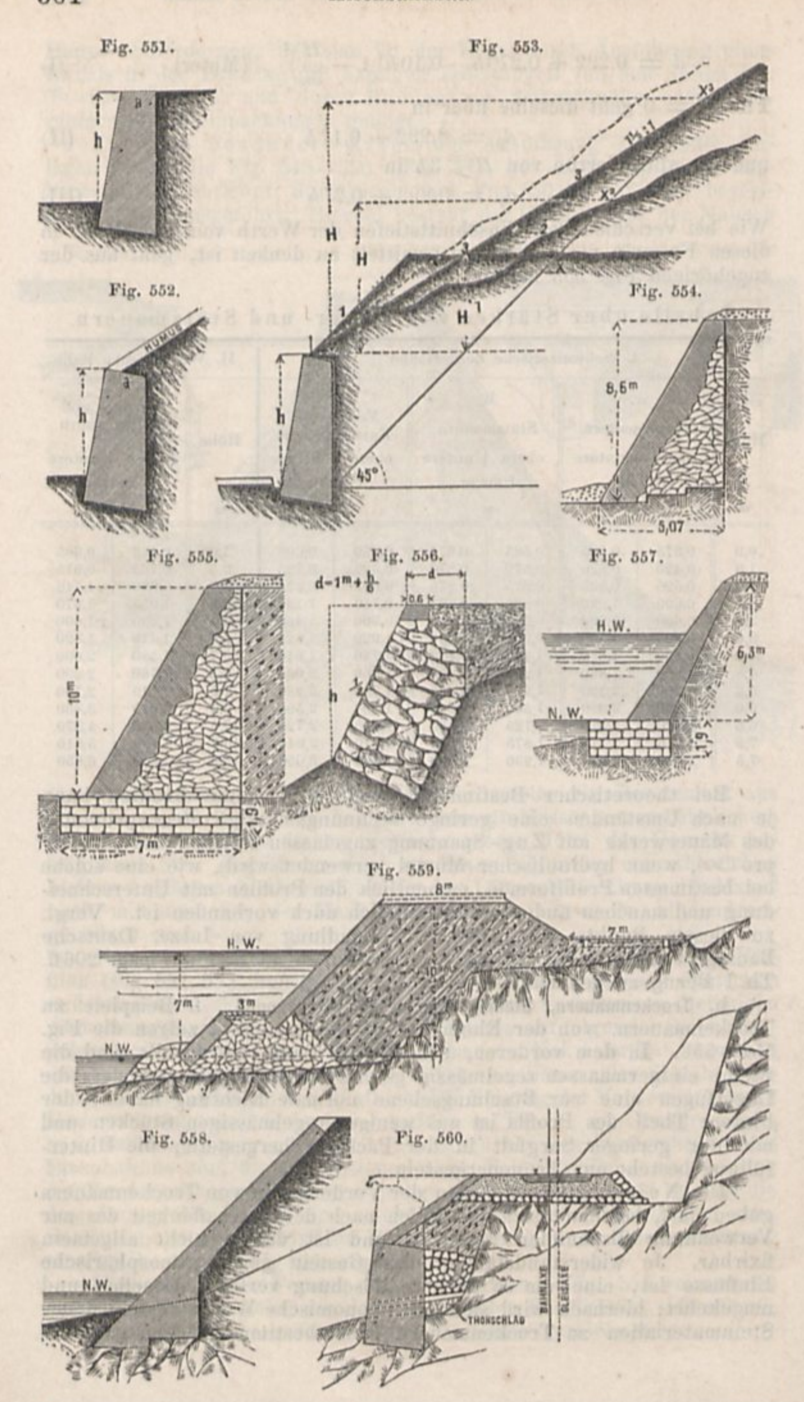
Tabelle über Stärken von Futter- und Stützmauern.

I. Schweizerische Zentralbahn							II. Westfälische Bahn		
Höhe	A. Futtermauern		B. Stützmauern		C. Verstärkte Futtermauern		Höhe	Futter- und Stützmauern	
	obere Stärke	untere Stärke	obere Stärke	untere Stärke	obere Stärke	untere Stärke		obere Stärke	untere Stärke
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
0,9	0,375	0,525	0,525	0,675	0,450	0,600	1,9	0,528	0,685
1,2	0,420	0 620	0,570	0,870	0,525	0,725	2,5	0,705	0,915
1,8	0,525	0,825	0,675	0,975	0,675	0,975	3,2	0,880	1,140
2,4	0,600	1,020	0,825	1,225	0,750	1,150	3,8	1,055	1,370
3,0	0,690	1,190	0,945	1,445	0,900	1,400	4,4	1,230	1,600
3,6	0,825	1,425	0,050	1,650	1,020	1,620	5,0	1,410	1,820
4,2	0,930	1,630	1,140	1,840	1,140	1,840	5,7	1,580	2,060
4,8	1,050	1,860	1,290	2,090	1,260	2,060	6,3	1,760	2 290
5,4	1.200	2,120	1,500	2,400	1,380	2,280	7,5	2,110	2,740
6,0	1,350	2,380	1,590	2,650	1,500	2,500	9,4	2,650	3,430
6,6	1,470	2,570	1,725	2,825	1,620	2,720	12,5	3,520	4,570
7,2	1,575	2,775	1,875	3,075	1,740	2,940	15,7	4,400	5,810
7,5	1,620	2,870	1,950	3,180	1,800	3,050	18,8	5,290	6,850

Bei theoretischer Bestimmung von Futtermauer-Profilen kann je nach Umständen eine geringe rechnungsmässige Beanspruchung des Mauerwerks auf Zug-Spannung zugelassen werden (bis etwa 1k pro □cm, wenn hydraulischer Mörtel verwendet wird), wie eine solche bei bestimmten Profilformen, namentlich den Profilen mit Unterschneidung und manchen anderen, thatsächlich auch vorhanden ist. Vergl. zu diesem Punkte eine längere Abhandlung von Intze, Deutsche Bauztg., Jahrg. 1875, pag. 232 ff.; im übrigen ist hier auf pag. 206 ff. Th. I Bezug zu nehmen. —

b. **Trockenmauern, Steindeckungen und Packungen.** 3 Beispiele zu Trockenmauern, von der Rhein-Nahe Bahn entlehnt, zeigen die Fig. 554—556. In dem vorderen, schraffirten Theil des Profils sind die Steine einigermaassen regelmässig geschichtet, und zwar so, dass die Lagerfugen eine zur Böschungsebene normale Richtung haben; der hintere Theil des Profils ist aus weniger regelmässigen Stücken und mit nur geringer Sorgfalt in der Packung hergestellt; die Hinterfüllung besteht aus Trümmergestein.

Die Neigung, welche man der Vorderfläche von Trockenmauern geben darf, bestimmt sich wesentlich nach der Beschaffenheit des zur Verwendung disponiblen Materials und ist darum nicht allgemein fixirbar. Je widerstandsfähiger das Gestein gegen atmosphärische Einflüsse ist, eine um so flachere Böschung verträgt dasselbe, und umgekehrt; hiernach wird sich der ökonomische Werth verschiedener Steinmaterialien zu Trockenmauern meist bestimmen. Von ganz be-


Fig. 551.
Fig. 553.
Fig. 552.
Fig. 554.
Fig. 555.
Fig. 556.
Fig. 557.
Fig. 559.
Fig. 558.
Fig. 560.
HUMUS
H.W.
N.W.
THONSCHLAG
45°
8,5m
5,07
6,3m
10m
7m
8m
3m

sonderer Wichtigkeit ist es, für eine leichte Abführung der eingedrungenen und der aus der Hinterfüllung herzu tretenden Feuchtigkeit zu sorgen. Die Füllung der Fugen in der Vorderfläche mit Lehm ist daher durchaus zu verwerfen; allenfalls kann zur sicheren Lagerung der Steine eine Moospackung angewendet werden, doch wird bei dieser ein vermehrter Angriff des Materials stattfinden, weil das Moos die Feuchtigkeit in den Lagerfugen zurück hält.

Steindeckungen, zum Schutz gegen Beschädigungen des Bahnkörpers an vorbeifliessenden Gewässern angelegt, zeigen die Fig. 557

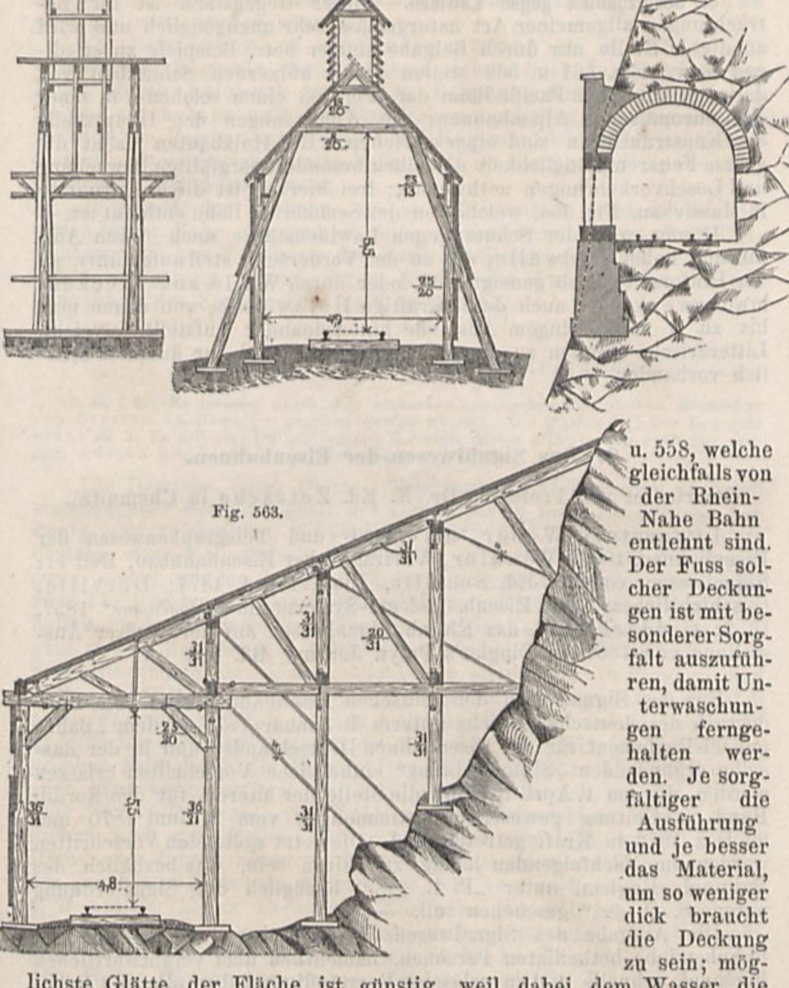


Fig. 561. Fig. 562. Fig. 564. Fig. 563.

u. 558, welche gleichfalls von der Rhein-Nahe Bahn entlehnt sind. Der Fuss solcher Deckungen ist mit besonderer Sorgfalt auszuführen, damit Unterwaschungen ferngehalten werden. Je sorgfältiger die Ausführung und je besser das Material, um so weniger dick braucht die Deckung zu sein; möglichste Glätte der Fläche ist günstig, weil dabei dem Wasser die Angriffspunkte entzogen sind. Ob der Fugenschluss durch Mörtelfüllung oder durch Moospackung herzustellen, wird sich nach den

lokalen Verhältnissen und nach ökonomischen Rücksichten bestimmen müssen.

Die Fig. 559 u. 560 stellen ein paar Ausführungen dar, die für besondere Fälle durchgebildet sind; zu Fig. 559 sind, nachdem was voraus geschickt wurde, Erklärungen nicht erforderlich; zu Fig. 560 ist zu bemerken, dass dabei in besonders sorgfältiger Weise für Ableitung der Feuchtigkeit Sorge getragen worden ist, indem zu dem unteren Theil des Hinterfüllungs-Dreiecks fetter Thonboden verwendet wurde, von dessen Fläche das Wasser mittels Sickerkanäle durch die Stützmauern austritt; über der fest eingestampften Thonschicht liegt, zum Zuleiten der Feuchtigkeit, eine lose Steinpackung. —

c. **Schutzbauten gegen Lawinen.** Dieser Gegenstand ist für Betrachtungen allgemeiner Art naturgemäss sehr unzugänglich und wird an dieser Stelle nur durch Beigabe einiger betr. Beispiele zu erledigen sein. Fig. 561 u. 562 stellen einen hölzernen Schutzbau von der amerikanischen Pacific-Bahn dar, Fig. 563 einen solchen von einer der europäischen Alpenbahnen; die Abmessungen der Haupttheile der Konstruktionen sind eingeschrieben. Bei Holzbauten macht die grosse Feuerempfänglichkeit derselben besonders sorgfältige Bewachung und Löschvorkehrungen nothwendig; frei hiervon ist die Konstruktion in Massivbau, Fig. 564, welche von der Semmering-Bahn entlehnt ist. —

Häufig wird der Schutz gegen Lawinenstürze auch durch Aufführung hoher Erdwälle, die an der Vorderseite steil aufgeführt, an der Hinterseite flach geneigt sind, oder durch Wälle aus Trockenmauerwerk oder auch durch kräftige Holzwände, von denen man bis zu 3 mit geringem Abstande hintereinander aufstellt, erreicht. Litterarische Quellen zu diesem Gegenstande sind nur äusserst spärlich vorhanden. —

6. Das Signalwesen der Eisenbahnen.

(Bearbeitet von Professor Dr. K. Ed. Zetzsche in Chemnitz).

Litteratur: Weber, das Signal- und Telegraphenwesen der Eisenbahnen, 1867; Winkler, Vorträge über Eisenbahnbau, Heft 11: Signalwesen von Dr. Ed. Schmitt, Liefr. 1—4, 1874; Dorville, Geschichtliches über Eisenb.-Telegr.-Systeme im „*l'Ingénieur*“ 1857, H. 3; Goldschmidt, das Eisenb.-Signalwesen auf der Pariser Ausstellung von 1867, in Dingler's Polyt. Journal, Bd. 188. —

Für das Signalwesen der deutschen Eisenbahnen sind vom Bundesrath des deutschen Reichs unterm 4. Januar 1875 in dem „Bahnpolizei-Reglement für die Eisenbahnen Deutschlands“ und in der dasselbe ergänzenden „Signalordnung“ einheitliche Vorschriften erlassen worden, die am 1. April 1875 an die Stelle der älteren, für den Nordd. Bund in Geltung gewesenen Bestimmungen vom 3. Juni 1870 und 29. Dez. 1872 in Kraft getreten sind. Die jetzt geltenden Vorschriften werden im Nachfolgenden häufig zu zitiren sein, was bezüglich des Bahnpol.-Reglem. unter „P. R. §..“, bezüglich der Signalordnung unter „S. O. §..“ geschehen soll. —

Die Aufgabe des Signalwesens geht dahin: zwischen den am Bahnbetriebe betheiligten Personen, namentlich dem verantwortlichen Personal, schnelle und zuverlässige Verständigung über alle den Bahnverkehr betreffenden Vorkommnisse zu beschaffen. — Da das Betriebs-Personal sich in Bahnhofs-, Zug-, Bahnbewachungs- und Ar-

beiter-Personal unterscheiden lässt, da für die Züge und von den Zügen aus Signale gegeben werden müssen, und da ferner Verständigungen nothwendig sind für Personen etc., die nach den Bahnhöfen hin oder über die Bahn hinweg zu verkehren haben, so folgt von selbst, dass im Signalwesen eine grosse Mannichfaltigkeit stattfinden muss. Wenn nun auch vorwiegend nur Meldungen über eine kleine Zahl regelmässig wiederkehrender Vorkommnisse durch die Signale zu machen sind und hierzu einfache, im Voraus verabredete Zeichen — „Signale“ — genügen, so werden im Bahn-Betriebe doch auch oft ausführliche Mittheilungen über unvorhergesehene Vorfälle erforderlich, für welche jene konventionellen Zeichen unzureichend sind und Telegraphen im engeren Sinne nicht entbehrt werden können.

Zur Beförderung von sog. Telegrammen ist nur Elektrizität verwendbar; Signale dagegen lassen sich vielfach durch Schall und Licht, durch Luftdruck und starre Körper ertheilen; in manchen Fällen jedoch kann man den akustischen, optischen oder pneumatisch vermittelten Zeichen nur durch die Kontrole elektrischer Apparate diejenige Zuverlässigkeit verschaffen, die im Eisenbahn-Betrieb unbedingt gefordert werden muss. —

Je grösser der Verkehr, um so vollkommener muss das Signalwesen einer Bahn eingerichtet sein; wechselweise bringt jede Einrichtung, die zur Erhöhung der Verkehrs-Sicherheit dient, eine Verkehrs-Steigerung hervor, deren Ertrag den Aufwand für Vervollkommnung des Signalwesens bald ausgleicht. —

1. Die Eisenbahn-Betriebs-Telegraphen.

P. R. § 44: Es müssen durch den elektro-magnetischen Telegraphen Depeschen von Station zu Station gegeben werden können. Die Signale: 1) Der Zug geht nicht ab, 2) Es soll eine Hülfslokomotive kommen, dürfen nicht mittels optischer, sondern müssen mittels elektrischer Telegraphen erfolgen.

Die Betriebs- (auch Dienst-) Telegraphen unterscheiden sich bei stattfindender Gleichartigkeit des Gebrauchs in ihrer Einrichtung nur wenig von Telegraphen gewöhnlicher Art. Man hat sich aber stets bemüht, erstere so einfach als möglich zu gestalten, weil die Bedienung einem minder geübten Personal anvertraut werden muss, das zum Theil nicht einmal ausschliesslich zum Telegraphen-Dienste gehalten wird. Die jeweiligen Fortschritte des Telegraphenwesens spiegeln sich in den Betriebs-Telegraphen wieder, in denen sich daneben nationale und lokale Eigenthümlichkeiten ausprägen. In England sind z. B. von Anfang an Nadel-Telegraphen üblich gewesen, die sich auch bis heute auf den meisten englischen Bahnen erhalten haben. In anderen Ländern sind dagegen die zu Anfang eingeführten Nadel-Telegraphen bald durch die Morse-Druck-Telegraphen theilweise oder auch ganz verdrängt worden, so u. a. in Oesterreich, wo der Boinsche Nadel-Telegraph von Etling in zweckmässiger Weise abgeändert und zum Geben hörbarer Zeichen befähigt wurde. Eine Reihe von Jahren hindurch fand dieser abgeänderte Telegraph bei der genannten Eisenbahn Anwendung, was vereinzelt auch noch jetzt, z. B. auf der Kaiser Ferdinands Nordbahn der Fall ist, bei welcher derselbe bis 1865 sogar ausschliesslich benutzt wurde. In Deutschland hat der früher allgemein gebräuchliche Zeiger-Telegraph dem Morse-Telegraphen schon seit mehr als 20 Jahren das Feld räumen müssen, während in Frankreich der Zeiger-Telegraph noch heute fast allgemein gebräuchlich ist.

Der wesentlichste Vorzug des Morse'schen Schreib-Telegraphen vor dem Nadel- und dem Zeiger-Telegraphen liegt für den Eisenbahn-Betrieb darin, dass jener das Telegramm durch Niederschreiben auf einen Papierstreif auf der Empfangs-Station bleibend sichtbar macht. Dabei steht dieser Telegraph an Einfachheit in Einrichtung und Bedienung hinter den Zeiger- und Nadel-Telegraphen nicht weit zurück und übertrifft in dieser Eigenschaft bei weitem die Typendruck-Telegraphen. An Leistungsfähigkeit wird der Morse-Schreib-Telegraph nur von dem Typendrucker von Hughes überholt.

Unter den Schreib-Apparaten, die beim Morse-Telegraphen üblich sind, pflegt man für den Eisenbahndienst den Trockenstift-Schreibern den Vorzug zu geben, weil diese Stifte, obwohl sie grössere Stärke des elektrischen Stromes erfordern, einfacher und zuverlässiger arbeiten, und vor allem, weil die Trockenstifte durch das helltönende kräftige Anschlagen beim Arbeiten des Schreibhebels die Aufmerksamkeit des Beamten erwecken und diesen befähigen, dem Inhalte einer Meldung blos mit dem Gehör zu folgen.

Die zur Ausrüstung einer Station erforderlichen Apparate (Farb- oder Stiftschreiber, Relais, Taster, Galvanoskop, Blitzableiter) werden von den Fabrikanten Siemens & Halske in Berlin sehr zweckmässig auf einer gemeinsamen Grundplatte, die in die entsprechende Vertiefung eines Tisches eingesetzt wird, befestigt, unter der sich meist ein Schränkchen zur Aufnahme der Batterie befindet. Zur schnellen und einfachen Auswechselung des Apparat-Satzes werden hierbei die Leitungs-Drähte nicht unmittelbar zu Klemmschrauben an den einzelnen Apparaten geführt, sondern mit schneidenförmigen, in der Tisch-Vertiefung aufgestellten Ständern verbunden, auf welche sich beim Einsetzen der Grundplatte die sog. Federschluss-Klemmen (nach Frischen) auflegen, wodurch die nöthigen Apparat-Verbindungen hergestellt werden. Bei ausgehobener Grundplatte wird durch eine andere noch vorhandene Federschluss-Klemme die kurze Verbindung zwischen den in die Station einmündenden (Luft- und Erd-) Leitungen hergestellt, welche Verbindung beim Wiedereinsetzen der Grundplatte selbstthätig wieder gelöst wird. —

Auf Bahnen mit regem Verkehr dürfen in die Betriebs-Telegraphen-Leitung nur wenige Stationen eingeschaltet werden, damit eine Station durch die anderen im Gebrauche der Leitung möglichst wenig gehindert werde; aus demselben Grunde ist von der Leitung alles fern zu halten, was sich nicht auf den Betrieb der zugehörigen Bahn-Strecke unmittelbar bezieht; bei Bahnen von grösserer Länge wird die Hauptleitung in mehre selbständige Abschnitte zerlegt. Der Austausch von Dienst-Nachrichten zwischen entfernteren Bahn-Stationen, event. die Beförderung von Privat-Telegrammen wird dann auf eine 2., durchgehende Leitung verwiesen, die aber ebensowenig wie die Hauptleitung, eine Mitbenutzung zum Geben von Glocken-Signalen, von Hilfs-Signalen etc. finden sollte.

Bei der geringen Länge der Leitungs-Abschnitte empfiehlt sich für den Betrieb derselben der Ruhestrom, weil bei diesem nur eine geringe Anzahl von Batterie-Elementen aufzustellen ist und bei demselben das beim Telegraphen mit Arbeitsstrom stattfindende Erforderniss: die Empfangs-Apparate nach der jeweiligen Stromstärke zu reguliren, entfällt. —

2. Durchgehende Streckensignale von der Station aus.

P. R. § 44: „Durch den elektro-magnetischen Telegraphen müssen sämmtliche Wärter zwischen je 2 Stationen von dem Abgang der Züge benachrichtigt werden können."

S. O. I. a: „Die akustischen Signale sind für das Bahnbewachungs-Personal mittels elektrischer Läutewerke zu geben wie folgt:

1. Der Zug geht in der Richtung von A nach B (Anmelde-Signal).	1 Mal eine bestimmte Anzahl von Glockenschlägen.
2. Der Zug geht in der Richtung von B nach A (Abmelde-Signal).	2 Mal dieselbe Anzahl von Glockenschlägen.
3. Die Bahn wird bis zum nächsten fahrplanmässigen Zuge nicht mehr befahren (Ruhe-Signal).	3 Mal dieselbe Anzahl von Glockenschlägen.
4. Es ist etwas Aussergewöhnliches zu erwarten (Alarm-Signal).	6 Mal dieselbe Anzahl von Glockenschlägen.

Ausser den elektro-akustischen Signalen können auch Horn-Signale gegeben werden wie folgt:

Signal 1: langer, kurzer, kurzer, langer Ton, ein Mal zu geben, — ⌣ ⌣ —
„ 2: das vorhergehende Signal 2 Mal zu geben, ═ ⌣⌣ ⌣⌣ ═
„ 3: langer, langer, langer, langer Ton, — — — —
„ 4: kurzer, kurzer, kurzer, kurzer Ton, 2 Mal zu geben, ⌣⌣ ⌣⌣ ⌣⌣ ⌣⌣

Die durchgehenden Strecken-Signale laufen von einer Station zur nächsten; sie dienen zur Benachrichtigung der zwischen den Stationen aufgestellten Wärter und Arbeiter über die verkehrenden Züge. Diese Signale werden entweder mit oder ohne die Mitwirkung der Bahnwärter befördert. Bei den deutschen Bahnen wird auf die durchgehenden Stations-Signale grosser Werth gelegt; jeder Extrazug, selbst jeder fahrplanmässige Zug wird den Bahnwärtern signalisirt; früher glaubte man sogar das Ausbleiben eines Zuges signalisiren zu müssen. Bei den Eisenbahnen anderer Länder legt man auf diese Signale nur geringen Werth und braucht sie auch gar nicht, weil man die Strecke jederzeit in einem Zustande hält, als ob ein Zug zu erwarten wäre. — Findet das deutsche Verfahren eine gewisse Berechtigung in dem Vorkommen zahlreicher Plan-Uebergänge bei den deutschen Eisenbahnen, so ist doch nicht zu übersehen, dass dieses Verfahren geeignet ist, bei den Bahnwärtern Bequemlichkeit und Nachlässigkeit zu befördern.

Die von Wärter zu Wärter weiter zu gebenden durchgehenden Strecken-Signale sind theils optische, theils akustische. Die optischen Strecken-Signale werden entweder (jedoch selten) als Hand-Signale, bei Tage mittels einer Signal-Fahne, bei Nacht mittels einer Signal-Laterne vom Wärter unmittelbar gegeben, oder zweckmässiger an Signal-Masten sichtbar gemacht. Die in letzterem Falle benutzten optischen Telegraphen, mit denen eine weit grössere Anzahl verschiedener Signale gegeben werden kann, lassen sich, je nach der Gestalt der als Signal-Mittel dienenden Körper, in Korb- oder Ballon-Telegraphen, Flügel-Telegraphen (Semaphoren), Pfeil-Telegraphen und Figuren-Telegraphen eintheilen; zur Nachtzeit werden alle genannten Signal-Mittel durch Laternen ersetzt. — Abgesehen von dem Mangel, dass die optischen Signale von Witterungs- und Beleuchtungs-Zuständen abhängig und deshalb unzuverlässig sind, ereignet es sich bei ihnen leicht, dass gerade die wichtigeren, nämlich die aussergewöhnlichen Signale unbemerkt bleiben. Daher ist diese, zudem schwerfällige, langsame und kostspielige Signalweise, die in Deutschland längere Zeit hindurch allgemein im Gebrauch war, jetzt fast überall abgeschafft worden.

Mittels Pfeifen, Hörnern oder Trompeten gegebene akustische Signale bieten eine nicht grössere Zuverlässigkeit als die optischen Signale; dieselben werden aber trotzdem noch auf manchen

Bahnen angewendet, indess vornehmlich nur als Ergänzung elektrisch gegebener Glocken-Signale. Akustische Signale mittels Orgelpfeifen pneumatisch zu geben, wurde beim Betrieb einiger geneigten Ebenen versucht; für längere Strecken ist auch diese Signalweise eben so wenig brauchbar, wie das Weitergeben akustischer Signale durch Klingelzüge. —

Ohne Mithülfe der Bahnwärter können unmittelbar von Station zu Station elektrische durchgehende Strecken-Signale gegeben werden. Dieselben sind weit billiger und dabei mannichfacher und zuverlässiger als optische und akustische Signale; ausserdem bieten sie den Vortheil, dass sie an allen Signalstellen der ganzen Strecke gleichzeitig gegeben werden, so dass jeder Wärter im Stande ist, genau die Zeit abzuschätzen, die bis zur Ankunft des betr. Zuges an seiner Station noch verstreichen wird. Diese elektrischen Signale können ebensowohl sichtbare als hörbare sein.

Fig. 565. Fig. 566.

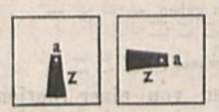


Fig. 567. Fig. 568.

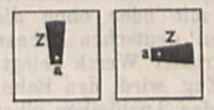
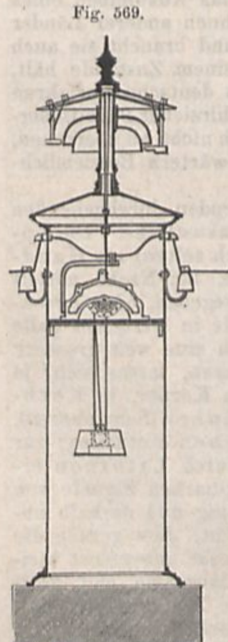


Fig. 569.



Sichtbare elektrisch gegebene Strecken-Signale hat man seit 1869 auf einigen Bahnen Nord-Deutschlands angewendet. Bei ihnen ist neben jedem Wärterhause eine Bude errichtet, in deren beide, zur Bahnrichtung normal liegende Wände je eine quadratische, weiss mattirte Glasscheibe eingesetzt ist, welche bei Nacht vom Innern der Bude aus beleuchtet wird. Aus dem Mittelpunkt der Scheibe (Fig. 565 — 568) tritt eine Welle *a* heraus, auf der ein schwarz gefärbter Zeiger *z* steckt; dieser Zeiger wird durch ein Uhrwerk mit elektrischer Auslösung durch die auf den beiden Stationen aufgestellten Stromquellen (Induktoren) für Züge in der einen Richtung um 90°, für Züge in der entgegengesetzten Richtung um 180° gedreht; da nach bedeuten die Stellungen Fig. 565: kein Signal!; Fig. 566: Zug kommt von A nach B!; Fig. 567: Zug kommt von B nach A!; Fig. 568: Auf jedem Gleis kommt ein Zug!

Hörbare elektrische Strecken-Signale werden durch die Läutewerke (Glocken-Apparate) gegeben. Anfänglich stellte man den Läutewerken nur die Aufgabe, bei der, durch Elektrizität bewirkten Auslösung eines Uhrwerks eine Anzahl von Schlägen auf eine grosse Glocke auszuführen, durch welche der Wärter an den optischen Telegraphen gerufen wurde. Gegenwärtig unterrichtet man durch die Läutewerke allein die Wärter, bezw. Arbeiter von dem Abgange der Züge und pflegt nur noch in seltenen Fällen neben den elektrischen Glocken-Signalen und zur Ergänzung derselben durchgehende Strecken-Signale mittels optischer Telegraphen zu geben.

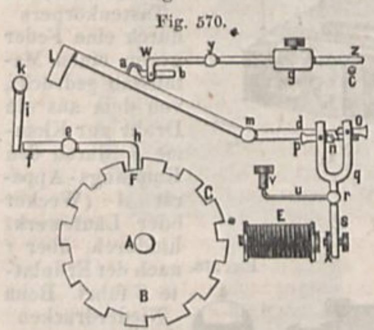
Die jetzt gebräuchlichen Läutewerke sind gewöhnliche, mit Schlagwerk versehene Laufwerke, die durch Schliessung oder Unterbrechung eines elektrischen Stroms ausgerückt (losgelassen) werden, um danach eine bestimmte

Anzahl von Schlägen auf 1 oder 2 Glocken ertönen zulassen. Zweckmässiger als auf den Wächterhäusern werden die Glocken auf hohen Schränken (Buden) oder Säulen aus Eisen (Fig. 569) angebracht, worin sich die Lauf- und Läutewerke befinden. Die Glocken-Hämmer sitzen an dem einen Ende eines Hebels, dessen anderes Ende durch einen Zugdraht mit einem Schlaghebel verbunden ist, auf welchen die aus einem Rade des Laufwerks vorstehenden Hebenägel wirken. Zum Geben von Doppelschlägen auf 2 Glocken werden nur die zweiten Enden der beiden Schlaghebel verschieden lang ausgeführt, wodurch bewirkt wird, dass der eine derselben etwas später als der andere vom Hebenagel freigelassen wird.

Das erste Läutewerk führte der Uhrmacher Leonhard (Berlin) aus; dasselbe war so eingerichtet, dass nach gegebenem Signal das Läutewerk vom Wärter wieder eingerückt werden musste, damit ein neues Signal gegeben werden konnte. Später fügte Leonhard ein 2. Uhrwerk hinzu, das den Zweck hatte, die eben angegebene Thätigkeit des Wärters zu ersetzen.

Das erste Läutewerk mit selbstthätiger Einrückung nach dem Geben eines Signals stellte Kramer 1847 auf der Strecke Magdeb.-Buckau auf; die Ausrückung desselben erfolgte durch den Fallhammer l (Fig. 570) an einem Hebel $l\,m\,d$, der für gewöhnlich mittels eines Hakens a von einem, nach der einen Seite hin etwas beweglichen Schnepper b, an einem, mit einem Gegengewicht g versehenen Hebel $w\,y\,z$ gefangen und dabei ziemlich balanzirt war. Das andere Ende d des Fallhammer-Hebels legte sich daher mit dem Stift n leicht an die Nase o einer am Ankerhebel $q\,r\,s$ sitzenden Gabel $p\,q\,o$ an und die Nase liess den Hebel des Fallhammers in dem Moment frei, wo der Elektromagnet E seinen Anker x anzog. Dieser Hebel begann nun sich zu bewegen, und der Haken a rutschte endlich vom Schnepper ab, dessen Hebel anfänglich dem Hammerhebel folgte. Nach dem Abrutschen bewegte der Schnepperhebel $w\,y\,z$ sich so lange rückwärts, bis derselbe auf einem Aufhalt-Stifte c liegen blieb. Der Fallhammer l dagegen fiel vollends auf den Auslös-Hebel $f\,e\,h$ des Schlagwerks herab und liess das Schlagwerk los, dessen Gewicht auf die Achse A der Schluss-Scheibe B wirkt. Hatte dann der Hammer einen Schlag auf die Glocke ausgeführt, so wurde der Fallhammer durch das Triebwerk selbst wieder gehoben, und sein Hebel fing sich wieder an dem Schnepper b und der Nase o, oder auch, falls der Anker x noch nicht losgelassen und von der Feder u in die Ruhelage zurückgeführt worden war, an einer 2. Nase p der Gabel. Der Auslös-Hebel $f\,e\,h$ aber konnte nun in den nächsten Ausschnitt (Falle) C der Schlussscheibe einfallen und seine ursprüngliche Lage wieder einnehmen; er hemmte alsdann den Arm i auf der Windfangachse k und damit das ganze Triebwerk (Selbst-Arretirung). —

Fig. 570.



Aehnlich wie hier angegeben, ist die Einrichtung bei dem noch vollkommeneren Läutewerk von Siemens & Halske (wovon das erste ebenfalls 1847 gebaut wurde) und bei dem Läutewerk von Teirich (Wien). —

Zum Betriebe der Läutewerke erweist sich als vorzüglich der Läute-Induktor von Siemens & Halske. Derselbe bewirkt die Auslösung durch kräftige magneto-elektrische Induktions-Ströme, und es können daher die Elektromagnete kräftigere Abreissfedern, als bei Verwendung einer galvanischen Batterie zulässig sind, erhalten; die Läutewerke schlagen daher zuverlässiger. Auch die Dynamo-Induktoren von Siemens werden jetzt vielfach zur Auslösung der Läutewerke benutzt.

Die neueren Läute-Induktoren sind mit verbesserten Drucktasten ausgerüstet, deren sehr massige, in das Gehäuse hineinragende Tastenkörper mit je einer Telegraphenleitung L verbunden sind. Der Induktor Fig. 571 hat 2 Tasten (T_1 und T_2). In der Ruhelage wird das vordere Ende des Tastenkörpers durch eine Feder gegen einen Metallstab gedrückt, von dem aus ein Draht zur Klemme a, durch den Empfangs-Apparat A (Wecker oder Läutewerk) hindurch, über f nach der Erdplatte E führt. Beim Niederdrücken der Taste bewegt sich der Tastenkörper wälzend auf einem isolirten stärkeren Zylinder und legt sich schliesslich mit dem hinteren Ende auf einen, für alle Tasten gemeinsamen Stab, von dem aus ein Draht c nach dem einen Ende der, zwischen Nordpol N und Südpol S von 4 bis 18 Stahl-Magneten M liegenden Induktions-Spule i läuft. Das andere Ende der Spule ist durch die Drähte d und e über f hin zur Erde E abgeleitet. Der Längenschnitt der Induktions-Spule (Zylinder-Induktor) ist in Fig. 572 abgebildet. Die Draht-Windungen liegen auf einem I förmigen Eisenkern (Fig. 573); sie enden bei x und y. Wird der Induktor in Drehung versetzt, so induziren die Magnete M in der Spule bei jeder Umdrehung 2 Ströme von entgegengesetzter Richtung, die auch als Wechselströme in die Leitung L eintreten, sobald das Ende x beständig mit dem Drahte d, das Ende y mit c verbunden bleibt. Dagegen wird die Leitung von den Strömen in gleichem Sinne durchlaufen und bei rascher Drehung ein sehr kräftiger, fast ununterbrochener, gleich gerichteter Strom erzeugt, wenn entweder durch einen Kommutator dafür gesorgt ist, dass nach jeder halben Umdrehung abwechselnd x mit d und c, y aber gleichzeitig mit c und d verbunden wird, oder aber dafür, dass die Ströme der einen Richtung gar nicht in die

Fig. 571.

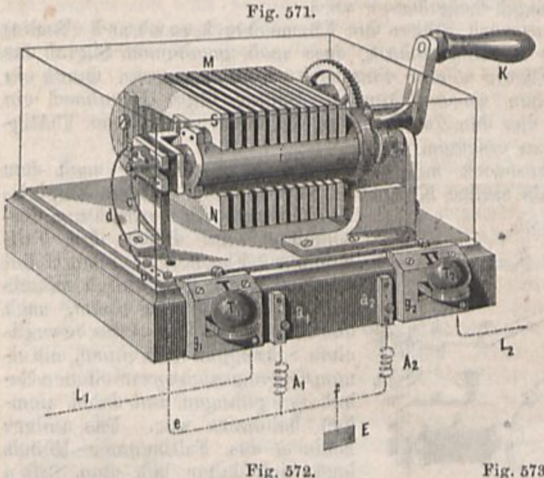


Fig. 572.

Fig. 573.

Fig. 574.

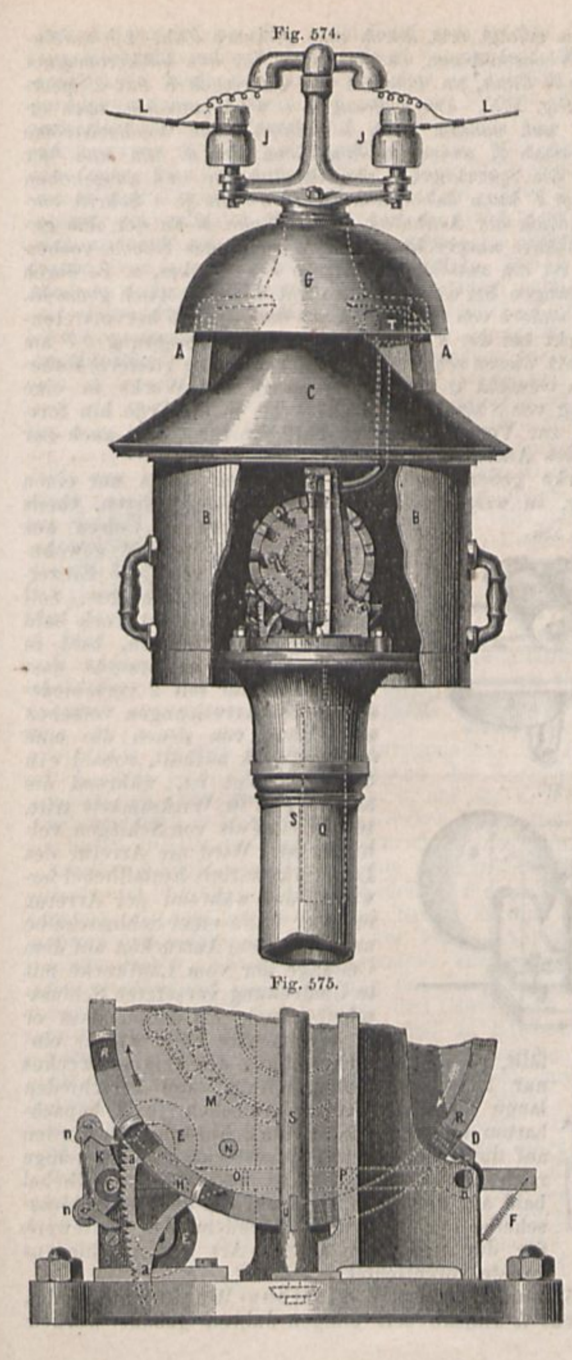


Fig. 575.

Leitung eintreten können. Schaltete man dagegen den Läute-Induktor in eine Ruhestrom-Linie ein, so würde man durch den Gebrauch der Tasten *T* Morse-Schrift erzeugen können, wenn die Tasten in entsprechenden Pausen niedergedrückt würden, ohne dass man gleichzeitig den Induktor dreht.

Die Einrad-Läutewerke (Fig. 574) in den von Siemens & Halske in neuerer Zeit gebauten Läutesäulen besitzen nur ein Rad *M* nebst treibendem Gewicht *Q*. Aus einem der 2 Erker *A* im kegelförmigen Abschluss *C* des auf 3 Rippen herabziehbaren Gehäuses *B* tritt der Hammer *T* beim Anschlagen an *G* vor. Der Hammer befindet sich hierbei ganz unter Dach, ist somit gegen Einfrieren gesichert. Er ist an einer stehenden Achse *S* befestigt und wird durch die seitlichen Vorsprünge (Knaggen) *R* des Rades *M*, in ähnlicher Weise wie der Wecker in den Schwarzwälder Uhren, hin und her geworfen. Die Aus-

lösung des Werkes erfolgt erst durch eine grössere Zahl (21) aufeinander folgender Wechselströme, da als Anker für den Elektromagnet *E* ein Magnetstab *H* dient, an welchem ein Querstück *K* mit 2 Sperrkegeln *n n* sitzt (Fig. 575). Die Leitung *L L* wird zunächst nach einem Blitzableiter und sodann nach *E* geführt. Die Wechselströme lassen den Magnetstab *H* zwischen den Polen von *E* hin und her schwingen, wobei die Sperrkegel *n* abwechselnd ein- und ausgehoben werden. Die Feder *F* kann daher den Hebel *a b* um je 1 Schritt emporziehen, bis endlich der Aufhalter *D* am Rade *M* an der ihm gegenüber bis zur Hälfte ausgeschnittenen Achse *b* des Hebels vorbeigeht. Hierdurch ist ein zufälliges Auslösen des Werkes, z. B. durch elektrische Entladungen bei Gewittern, so gut wie unmöglich gemacht. Der eine oder der andere von den beiden aus dem Rade *M* hervortretenden Stiften *N* wirkt bei der Umdrehung auf den Vorsprung *O P* am Hebel *a b* und führt diesen schliesslich wieder in seine (tiefere) Ruhelage zurück. Das Gewicht *Q* sinkt beim Gange des Werks in eine Rohr-Verlängerung von *S* hinab, welche sich bis in die Erde hin fortsetzt und sowohl zur Vermehrung der Fallhöhe für *Q*, als auch zur Fundamentirung des Aufbaues dient.

Die Läutewerke geben nach jeder Auslösung theils nur einen e i n z i g e n Schlag, in welchem Falle sie Einschläger heissen, theils auch läuten sie in Pulsen aus m e h r e n Schlägen. Sehr gewöhnlich sind Pulse von je 5 Einzel- oder auch 5 Doppelschlägen. Soll ein und dasselbe Läutewerk bald als Einschläger dienen, bald in Pulsen läuten, so braucht dasselbe dazu nur mit 2 verschiedenen Selbst-Arretirungen versehen zu werden, von denen die eine das Laufwerk aufhält, sobald e i n Schlag erfolgt ist, während die andere erst in Wirksamkeit tritt, sobald ein Puls von Schlägen vollendet ist. Wird die Arretur des Laufwerks mittels Einfallhebel bewirkt, der während der Arretur in einer Falle einer Schlussscheibe und nach dem Ausrücken auf dem Umfange der vom Laufwerke mit in Umdrehung versetzten Schlussscheibe liegt, bis dahin, dass er in die nächste Falle wieder einfällt, so sind zur Erreichung des obigen Zweckes nur 2 Schlussscheiben nöthig, die verschieden lange massive Sektoren zwischen je 2 benachbarten Fallen haben. Beide Schlussscheiben werden auf die gleiche Achse aufgesteckt, die der Länge nach verschiebbar ist, so dass der Einfallhebel bald auf der einen, bald auf der anderen Schlussscheibe liegen wird, je nachdem das Läutewerk für die eine oder andere Art des Anschlagens gerade vorgerichtet ist.

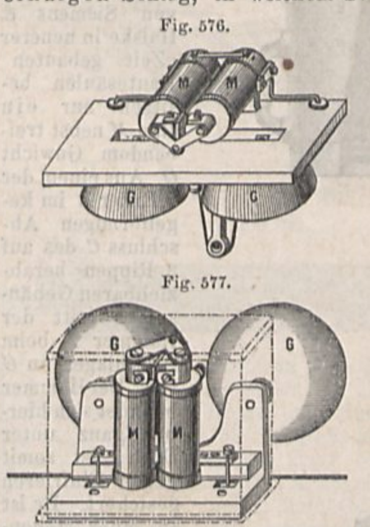


Fig. 576.

Fig. 577.

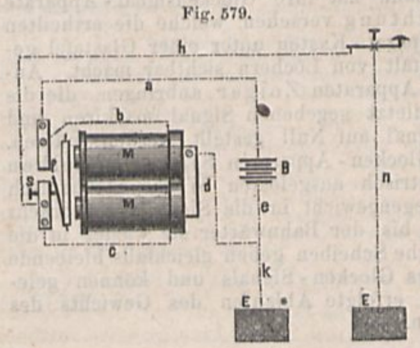
Fig. 578.

In den Fig. 576 und 577 sind 2 S t a t i o n s - W e c k e r abgebildet, wie sie von Siemens & Halske seit einigen Jahren gebaut werden.

Bei beiden werfen die Induktions-Ströme den polarisirten Anker des Elektromagnets *MM* zwischen den Magnet-Polen hin und her und lassen dabei den mit dem Anker verbundenen Glocken-Klöppel anschlagen. — In Fig. 578 ist ein Wecker für Batterie-Strom mit Selbstunterbrechung und Selbstausschaltung skizzirt. Auf der Ankerplatte des Elektromagnets *M* ist eine Feder *f* angebracht, die sich bei ruhendem Anker an die Stellschraube s_1 anlegt und dabei eine Durchbiegung erleidet; wird dagegen der Anker angezogen, so verlässt *f* die Schraube s_1, streckt sich gerade und legt sich an eine andere Stellschraube s_2 an. Im ersteren Falle geht der Strom von *a* zum Anker über *f* nach s_1 und *b*, durch *M*, nach *c* und *d*; im 2. Falle vom Anker über *f* sofort nach s_2 und *d*.

Die Art und Weise, wie ein Wecker-Elektromagnet *M* zum Wecken durch Strom-Unterbrechung eingeschaltet werden kann, macht Fig. 579 anschaulich. Bei ruhendem Taster *T* erhält der, den Stromkreis *abchTnEEke* durchlaufende Ruhestrom der Batterie *B* den Anker von *M* im angezogenen Zustande. Wird durch Niederdrücken von *T* dieser Stromkreis unterbrochen, so fällt der Anker von *M* ab, die Feder *f* legt sich an die Stellschraube *s* und schliesst die Batterie *B* auf dem Wege *abcsfde*, so dass der Wecker nun durch Selbst-Unterbrechung läutet, bis *T* wieder losgelassen wird.

Fig. 579.



Will man eine mit Ruhestrom arbeitende Glocken-Signal-Linie zugleich für Morse-Korrespondenz bei Ruhestrom benutzen und doch verhüten, dass während der Korrespondenz die Gocken läuten, so kann man, wie es u. a. auf der K. Ferdinands Nordbahn bei den noch zu erwähnenden Glocken-Apparaten mit Registrirung geschieht, die Morse-Taster so einrichten, dass dieselben beim Niederdrücken des Tasterhebels die Linie nicht vollständig unterbrechen, sondern nur bewirken, dass ein Widerstand eingeschaltet wird, der gross genug ist, um den konstanten Strom in der Leitung so weit zu schwächen, dass die Relais der Morse-Apparate ihre Anker abfallen lassen, während die weniger empfindlichen Läutewerke erst bei vollständiger Unterbrechung des Stroms ausgelöst werden. Noch sicherer lässt sich das Ertönen der Läutewerke verhüten, wenn man nach dem von Teirich (1865) und R. Blaschke in Wien (1866) veröffentlichten Vorschlage in die mit Ruhestrom betriebene Leitung für die Läutewerke die Morse-Apparate, wie zum Telegraphiren mit Arbeitsstrom, einschaltet und dann die Morse-Zeichen durch Verstärkung des Ruhestroms entstehen lässt. Die Verstärkung des Stroms kann einfach dadurch herbeigeführt werden, dass der Tasterhebel bei seinem Auftreffen auf den Arbeits-Kontakt einen in die Leitung eingeschalteten, entsprechend gross bemessenen Widerstand ausschaltet, indem derselbe einen kürzeren Schluss für den Strom herstellt. Will man die Morse-Korrespondenz nicht nur zwischen 2 benachbarten, sondern auch zwischen 2 entfernt liegenden Stationen ermöglichen, so muss man, da die Ruhestrom-Linie auf jeder Station eine Erdleitung erhält und deshalb zwischen je 2 Stationen

ein in sich abgeschlossenes Ganzes bildet, auf den Zwischen-Stationen eine Translation einrichten, durch welche die auf der einen Theil-Linie anlangenden Morse-Zeichen zwar von den Apparaten selbst in die nächste Theil-Linie weiter gegeben werden, jedoch ohne dass dabei eine Unterbrechung des Ruhestroms stattfindet. Blaschke erreicht diesen Zweck durch 2 Relais, deren jedes von dem Ruhestrom der einen oder der anderen der in die Translations-Station einmündenden Theil-Linien durchlaufen wird, beim Ansprechen auf die Stromverstärkung in seiner Theil-Linie aber durch seinen, sich auf den Arbeits-Kontakt auflegenden Ankerhebel einen kürzeren (d. h. ebenfalls den schon erwähnten Widerstand nicht enthaltenden) Weg für den das andere Relais und die andere Theillinie durchlaufenden Ruhestrom herstellt und dadurch auch diesen Ruhestrom verstärkt und die in diese Theillinie eingeschalteten Morse-Apparate ansprechen lässt.

Die K. Ferdinands-Nordbahn hat ihre Glockensignal-Apparate mit einer Registrir-Vorrichtung versehen, welche die ertheilten Signale auf einem in dem Apparat-Kasten unter einer Glastafel geführten Papierstreifen in Gestalt von Löchern sichtbar macht. Andere Bahnen liessen an den Apparaten Zeiger anbringen, die die Zahl der Schläge in dem zuletzt gegebenen Signal markiren und vom Wärter nach jedem Signal auf Null gestellt werden müssen. Noch häufiger werden den Glocken-Apparaten Signal-Scheiben beigegeben, welche vom elektrisch ausgelösten Werke mechanisch ausgelöst, aber durch ein Gegengewicht in die Signallage gebracht werden und darin verharren, bis der Bahnwärter sie wieder in die Ruhelage zurückversetzt. Solche Scheiben geben gleichfalls bleibende Nachricht vom Eintreffen eines Glocken-Signals und können gelegentlich den Wärter auf das erfolgte Ablaufen des Gewichts des Triebwerks aufmerksam machen. —

3. Signale von der Station aus für die Wärter an besonders gefährdenden Stellen der Strecke.

Wärter, die an den, den Bahn-Betrieb besonders gefährdenden Stellen, z. B. an Abzweigungen, Bahn-Kreuzungen, Plan-Uebergängen u. s. w. aufgestellt sind, werden bei vielen Bahnen von dem Herannahen der Züge einfach mittels der durchgehenden Strecken-Signale unterrichtet. Diese Art der Verständigung ist jedoch unzureichend und die betr. Einrichtungen sollten wenigstens dadurch vervollständigt werden, dass der Wärter die erhaltene Meldung durch das Signal „Verstanden“ zu beantworten hat, um der Station den Eingang der Meldung und die Bereitschaft zur Ausführung der betr. Vorkehrungen darzuthun; weit besser noch ist es, den Wärter zu befähigen, nach Erfüllung seiner Obliegenheiten das Signal „Fertig“ an die Station zurück zu geben. Am unzuverlässigsten ist die Beförderung des Signals „Verstanden“ durch optische Telegraphen. Bei nicht grosser Entfernung reichen Klingelzüge aus, wie solche z. B. mehrfach auf der Niederländ. Staatsb. angewendet worden sind; bei grösserer Entfernung schaltet man in die für den Betrieb mit Ruhestrom eingerichtete Glockensignal-Linie einen Taster ein, mittels dessen der Wärter nach der Station hin Signale geben kann. — Eine noch vollkommenere Verständigung wird ermöglicht durch die Aufstellung eines Morse-Schreibers an der gefährdenden Stelle, den man in die Hauptleitung des Betriebs-Telegraphen einschaltet; am allersichersten verfährt man jedoch, indem man nach jeder gefährdenden Stelle einen besonderen Leitungsdraht

hinführt und Wärterbude und Station mit einfachem Zeichen-Geber (Läute-Taste, Unterbrechungs-Taster) und einfachem Zeichen-Empfänger (Wecker, Galvanoskop) ausrüstet. — Will man endlich den Wärter verhindern, das Signal „Fertig" abzusenden, bevor derselbe seine Obliegenheiten vollständig erfüllt hat, so kann man ähnliche Vorkehrungen treffen, wie bei den (später, S. 381, zu erwähnenden) Deckungs-Signalen für Stationen oder gefährdende Stellen der Strecke. — (Ueber Sauer's automatisches Läutewerk für die Zugbarrieren der österr. Nordwestbahn vergl. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Archit.-Ver., 1874, S. 93.)

4. Strecken-Signale vom Zuge aus.

P. R. § 25: „An solchen Zügen, welchen andere, nicht fahrplanmässige nachfolgen, ist dies zu signalisiren."

§ 35: „Extra-Züge dürfen nicht befördert werden, wenn die Bahn nicht vollständig bewacht, der Zug den Bahnwärtern nicht vorher signalisirt und der nächsten Station ordnungsmässig gemeldet ist. Ausnahmen sind nur in den im § 45 näher bezeichneten Fällen zulässig."

§ 45: „Nicht fahrplanmässige Züge oder einzelne Lokomotiven müssen in der Regel durch ein Signal an dem in der einen oder anderen Richtung zunächst vorhergehenden Zuge den Bahnwärtern, Arbeitern und den in Seiten-Bahnen haltenden Zügen zur Nachachtung angekündigt werden. Kann eine solche Signalisirung nicht stattfinden, so dürfen nicht fahrplanmässige Züge oder einzelne Lokomotiven nur abgelassen werden, wenn eine bezügliche Verständigung der beiden betr. Stationen stattgefunden hat und die Wärter vorher von dem Abgang derselben durch den elektro-magnetischen Telegraphen zeitig benachrichtigt sind. Von den vorstehenden Bestimmungen kann — unter persönlicher Verantwortlichkeit des Stations-Vorstehers oder des zuständigen Betriebs-Beamten — abgesehen werden bei Hilfszügen, welche aus Anlass von Eisenbahn-Unfällen, Feuersbrünsten oder sonstigen schweren Kalamitäten plötzlich erforderlich werden. Dieselben dürfen nur mit einer Geschwindigkeit von höchstens 24^{Km} pro Std. (400^{m} pro Min.) gefahren werden."

S. O. III. „Für die optischen Signale am Zuge sind folgende Anordnungen zu beachten:

	Bei Tage:	Bei Dunkelheit:
20. Es folgt ein Extra-Zug nach.	Ausser dem Schluss-Signal eine grüne Scheibe oben auf der Hinterwand des letzten Wagens oder zu jeder Seite desselben.	Signal 19 (s. S. 382) mit der Abänderung, dass eine der beiden vorgeschriebenen Laternen auch nach hinten grünes Licht zeigt. Für einzeln fahrende Lokomotiven genügt die Anbringung einer grün leuchtenden Laterne hinten.
21. Es kommt ein Extra-Zug in entgegengesetzter Richtung.	Eine grüne runde Scheibe vorn an der Lokomotive.	Eine grün leuchtende Laterne über den weiss leuchtenden Laternen vorn an der Lokomotive.
22. Die Telegraphen-Leitung ist zu revidiren.	Eine weisse runde Scheibe vorn an der Lokomotive oder an jeder Seite des Zuges.	Kein besonderes Signal.
23. Der Bahnwärter soll sofort seine Strecke revidiren.	Ein Schaffner schwingt seine Mütze oder einen anderen Gegenstand dem Wärter zugewendet.	Ein Schaffner schwingt seine Laterne dem Wärter zugewendet.

Die durchgehenden Signale vom Zuge aus ergänzen oder bekräftigen die unter 2 und 3 besprochenen Signale und verhüten zugleich, dass letztere unbeachtet bleiben, was besonders bei den nicht fahrplanmässigen Zügen von Wichtigkeit ist.

Auf einigen französischen Bahnen wird der Wärter an wichtigen Plan-Uebergängen vom Nahen eines Zuges auf automatischem Wege unterrichtet, indem das vorderste Rad des Zuges auf ein etwa 2000^{m} vom Uebergange entfernt liegendes Pedal wirkt und dadurch ein am Uebergange aufgestelltes elektro-magnetisches Klingelwerk in Gang setzt, welches nur der Wärter wieder zum Schweigen bringen kann. —

5. Signale auf der Station für den abgehenden Zug.

S. O. IIa: Die akustischen Signale mit der Stationsglocke.

10. Die Abfahrt des Zuges naht, event. auch Erlaubniss zum Einsteigen.	Kurzes Läuten und 1 deutlich markirter Schlag.
11. Einsteigen.	2 markirte Schläge.
12. Abfahrt.	3 markirte Schläge.

IV: Die akustischen Signale des Zug-Personals sind zu geben wie folgt:

27. Das Zug-Personal soll seine Plätze einnehmen.	1 mässig langer Pfiff ——
28. Abfahrt.	2 mässig lange Pfiffe —— ——

Nachdem vor dem Abgange eines Personen-Zuges die (insbesondere für die Reisenden bestimmten) Signale mit der Stations- oder Perron-Glocke gegeben worden sind, signalisirt der Zugführer (bezw. auch der Stations-Vorstand) dem Lokomotivführer die Abfahrts-Bereitschaft des Zuges; dieser meldet darauf durch einen Pfiff mit der Dampfpfeife, dass auch die Maschine zur Abfahrt bereit sei; alsdann ertheilt der Zugführer durch ein 2. Signal die Weisung zur Abfahrt, welche der Lokomotivführer noch vor der Abfahrt durch das mit der Dampfpfeife gegebene „Achtungs-Signal" beantwortet. Als Signalmittel giebt man dazu dem Zugführer entweder Pfeife, Horn, Trompete, Glocke, oder auch eine Fahne. —

Die über das Stellen der Weichen vor Ausfahrt eines Zuges auszuwechselnden Signale fallen wesentlich mit den erst an späterer Stelle zu besprechenden Signalen bei der Einfahrt zusammen. —

6. Signale von der Station aus nach einem fahrenden Zuge und umgekehrt.

Die hier vorliegende Aufgabe zu lösen wurde zuerst von Tyer de Dalton im Jahre 1851 an einer Stelle der London-Chatham-Dover-Bahn versucht, an der täglich 360 Züge passirten. Dazu befestigte er in Entfernungen von je 1^{Km} (einer Fahrzeit von etwa 2 Minuten entsprechend) an der Bahn 2 je 6^{m} lange Metallstreifen, setzte den einen Streifen mit der Erde, den anderen durch einen in Guttapercha eingehüllten Draht mit der Telegraphen-Leitung in Verbindung und liess auf diesen Streifen 2 an der Lokomotive angebrachte federnde Metalltheile (Reiber) aufschleifen, wodurch die Lokomotive zum Empfangen und Geben von Signalen beim Passiren der Strecke befähigt wurde. Es waren nämlich zwischen den Reibern 2 Elektromagnete eingeschaltet, von denen der eine eine Glocke (oder Pfeife) in Thätigkeit setzte, während der andere einen magnetischen Anker besass und durch 2, bezw. roth und weiss gefärbte Scheiben, unter Verwendung von Strömen verschiedener Richtung, darüber Auskunft gab, ob die folgende Strecke der Bahn besetzt oder frei sei. Die auf jeder dieser Signal-Stationen nach der nächsten Bahn-Station hin und an die Lokomotive gegebenen Zeichen blieben bis zum Einfahren des Zuges in die nächste Signal-Station stehen; hier würde in einer 2. Leitung ein Strom durch einen 3. Elektromagnet gesandt, der den bisher arretirten Anker des Signal-Elektromagnets auslöste und so das Zeichen an der Lokomotive verschwinden machte. — Der Italiener Bonelli setzte bei seinem im Jahre 1855 erfundenen Lokomotiv-Telegraphen die Lokomotive in ununterbrochene Verbindung mit den benachbarten Bahn-Stationen, indem er eine an der Lokomotive befindliche Rolle (oder Feder) auf einer etwa 35^{zm} hoch über dem Bahn-Planum liegenden isolirten Eisenschiene schleifen liess, welche als Telegraphen-Leitung funktionirte. — Aehnliche, aber noch weniger einfache Vorschläge machten Gay, Th. du Moncel (1854) und F. von Ronneburg (1875). —

7. Automatische Kontrole des fahrenden Zuges.

Auch eine automatische Kontrole über den Verkehr der Züge hat man mehrfach herzustellen gesucht. Den ersten Vorschlag dazu machte Mauss schon im Jahre 1845. 1847 versuchte Bréguet diese Aufgabe zu lösen, indem er in Abständen von je 20m an den Telegraphen-Stangen je 2 Metallplatten parallel über einander anbrachte, von denen die untere mit der Erde, die obere mit der Telegraphen-Leitung verbunden war. Durch den vorbeifahrenden Zug wurden die Platten zur Berührung gebracht, und es konnte so im Moment der Berührung von der Station aus ein Strom durch die Leitung gehen, der auf einem in der Station aufgestellten Apparat ein Zeichen gab. Aus der Zahl der Zeichen liess sich auf den vom Zuge zurückgelegten Weg schliessen und mit Hülfe eines elektrischen Chronographen, der mit dem Zeichengeber in Verbindung gesetzt war, die Zug-Geschwindigkeit beurtheilen. — Maigrot wollte (November 1852) auf jeder Station durch 2 auf einem Zifferblatt in entgegengesetzter Richtung umlaufende Zeiger die zurückgelegten Streckenlängen markiren lassen. Etwas ähnliches unternahm 1854 Verité auf der französischen Nordbahn. — Auch der im Jahre 1854 von du Moncel vorgeschlagene Telegraph verzeichnete auf jeder Station die vom Zuge durchlaufenen Strecken. — Bellemare erzielte im Jahre 1856 die Zug-Geschwindigkeits-Kontrole durch einen Ruhestrom in einem aus 2 Leitungsdrähten gebildeten Stromkreise, den er in Entfernungen von je 100m durch den Zug unterbrechen liess. — Steinheil liess jeden Wärter beim Vorbeifahren des Zuges den Strom unterbrechen. Die durch 2 Reihen von Unterbrechern an den Wärterhäusern und auf den Stationen gegebenen Zeichen wurden vom Elektromagnet-Anker auf den gleichförmig bewegten Papierstreifen eines Chronographen mit Tinte niedergeschrieben; diese Zeichen gaben also Auskunft über die Aufmerksamkeit der Wärter, die Geschwindigkeit des Zuges, den Aufenthalt auf den Stationen u. s. w. — M. Hipp liess auf der Bahn Basel-Olten den Strom in Abständen von je 1000m mittels den Morse-Tastern ähnlicher Drücker nicht blos von der Lokomotive, sondern von jeder einzelnen Wagenachse unterbrechen, um durch die Zahl der so markirten Punkte auch über die Anzahl der passirten Achsen Auskunft zu erhalten. — Von allen diesen Apparaten weicht der von Siemens & Halske 1873 in Wien ausgestellt gewesene Zug-Kontrol-Apparat wesentlich ab, welcher die Fahr- und Aufenthalts-Zeit auf rein mechanische Weise registrirt. In diesem Apparate, den der Zug mit sich führt, ist nämlich ein schwerer Körper beweglich so aufgehängt, dass derselbe durch die Erschütterungen während des Fahrens in zitternde Bewegung versetzt wird. Diese Bewegung theilt sich mechanisch einem Stift - Schreibhebel mit, der in einen Papierstreifen Zeichen eindrückt. Der Streifen wird, bevor er durch ein richtig gehendes Uhrwerk an der Schreibspitze vorübergeführt wird, mit einer Reihe von Führungs - Löchern versehen und dann auf einem zugehörigen Papierstreifen - Nummerir - Apparat mit den Stunden- und Minuten-Zahlen bedruckt. Die grössere Druckscheibe des Apparats ist am Umfange ausser mit den Stiften, welche in die Führungslöcher eingreifen, noch mit den Minuten - Typen 10, 20, 30, 40, 50 besetzt; an der Stelle, wo 60 stehen würde, befindet sich ein Ausschnitt, der für eine kleinere Scheibe dient, welche auf ihrem Umfange die Stunden-Typen I, II, III bis XII zeigt. Die kleinere Scheibe dreht sich bei jeder Umdrehung der grösseren genau um $1/12$ und bietet daher dem Streifen stets die betreffende Stunden-

ziffer an der Stelle dar, wo in der grösseren Scheibe die Zahl 60 stehen würde. —

8. Bahnzustands-Signale für den fahrenden Zug.

P. R. § 1: „ . . . Diejenigen Strecken, welche nicht mit dieser (vorhergehend angegebenen) Geschwindigkeit befahren werden dürfen, sind als solche durch bestimmte, vom Zuge aus sichtbare Signale zu bezeichnen.“

§ 41: „Auf der Bahn müssen folgende Signale gegeben werden können: 1) „Die Bahn ist fahrbar!“ 2) „Der Zug soll langsam fahren!“ 3) „Der Zug soll still halten!“

§ 50: „ . . . Führen mehre Bahn-Linien neben einander her, so ist den optischen Signalen an denselben eine Stellung zu geben, welche der Lage der Bahn-Linien zu einander entspricht.“

S. O. I. b: „Die optischen Signale sind wie folgt zu geben:

	Bei Tage:	Bei Dunkelheit:
5) Der Zug darf ungehindert passiren (Fahr-Signal).	Der Bahnwärter macht Front gegen den Zug.	Der Bahnwärter macht Front gegen den Zug, und hält die Hand-Laterne mit weissem Licht dem Zuge entgegen.
6) Der Zug soll langsam fahren.	Der Bahnwärter hält irgend einen Gegenstand in der Richtung gegen das Gleis. Am Anfang und am Ende einer langsam zu durchfahrenden Strecke sind Scheiben aufgestellt. Dem kommenden Zuge zugekehrt muss die 1. Scheibe mit A, die letzte mit E bezeichnet sein.	Der Bahnwärter hält die Hand-Laterne mit grünem Licht dem Zuge entgegen. — Am Anfang und am Ende einer langsam zu durchfahrenden Strecke sind Stocklaternen aufgestellt. Dem kommenden Zuge zugekehrt muss die 1. Laterne grünes, die letzte weisses Licht zeigen.
7) Der Zug soll halten (Halt-Signal).	Der Bahnwärter schwingt einen Gegenstand hin und her.	Der Bahnwärter schwingt seine Hand-Laterne hin und her, welche, wenn es die Zeit erlaubt, roth zu blenden ist.

Ausser den Signalen No. 5 u. 7 können auch Signale am Telegraphen-Mast wie folgt gegeben werden:

	Bei Tage:	Bei Dunkelheit:
Signal 5: Der Zug darf ungehindert passiren (Fahr-Signal).	Rechtsseitiger Telegraphenarm schräg nach oben gerichtet (unter einem Winkel von etwa 45°).	Weisses Licht der Signal-Laterne des Telegraphenmastes.
Signal 6: Der Zug soll langsam fahren.	Ausser dem vorhergehend angegebenen Signal-Zeichen ein Stab mit runder Scheibe am Telegraphenmast befestigt.	Grünes Licht der Signal-Laterne des Telegraphenmastes.
Signal 7: Der Zug soll halten (Halt-Signal).	Rechtsseitiger Telegraphenarm wagerecht gestellt.	Rothes Licht der Signal-Laterne des Telegraphenmastes.

Durch die Bahnzustands-Signale geben die Bahnwärter dem fahrenden Zuge Auskunft über den jeweiligen Zustand der zu befahrenden Strecke. Es geschieht dies theils durch optische Hand-Signale, mit oder ohne Benutzung von Fahnen, Scheiben, Laternen und anderen Signalmitteln, theils und vorzüglich durch beim Ertönen des elektrischen Glocken-Signals gegebene und bis zur Ankunft des Zuges stehen bleibende Signale an den S. 369 erwähnten optischen Telegraphen.

Zu diesem Zweck insbesondere pflegen die optischen Telegraphen neben den elektrischen Läutewerken — durch welche dieselben im übrigen ersetzt sind — beibehalten zu werden. Auch die S. 370 erwähnten sichtbaren elektrischen durchgehenden Strecken - Signale lassen sich zugleich als Bahnzustands-Signale verwerthen, wenn der Wärter dem Zuge die Fahrbarkeit der Strecke dadurch meldet, dass er den Zeiger Z (Fig. 565—568) um 45° weiter dreht, als dieser für den nächsten Zug auf elektrischem Wege gedreht wurde; der unter 45° (nach unten) nach links oder rechts aus der Ruhestellung entfernte Zeiger würde für den in der einen oder anderen Richtung fahrenden Zug als Signal zum Langsam - Fahren gelten können. — Um auch bei nebligem Wetter dem Zuge wenigstens das Signal „Halt“ ertheilen zu können, benutzt man (wegen Unzuverlässigkeit der mittels Pfeifen, Hörner u. s. w. gegebenen Signale) lieber Knall-Signale (zuerst 1845 auf der London-Birmingham-Bahn), indem man Knallkapseln (Petarden) so auf die Bahn legt, dass das erste Rad des Zuges sie zerdrückt und dadurch zum Explodiren bringt. —

9. Deckungssignale für besonders gefährdende Stellen der Strecke.

P. R. § 27: „... Bahnkreuzungen in gleicher Ebene der Schienen ausserhalb der Stationen (§ 3) dürfen von den Zügen erst passirt werden, nachdem die letzteren vorher zum Stillstande gebracht sind und von den Aufsichts-Beamten die Erlaubniss zum Passiren ertheilt ist.“

Wie die Station (vergl. 3), so soll auch der einer besonders gefährdenden Stelle der Bahn sich nähernde Zug von deren jeweiligem Zustande unterrichtet werden, und zwar schon in solcher Ferne, dass der Zug noch rechtzeitig zum Halten gebracht werden kann. Die verwendbaren, theils selbstthätigen, zweckmässig mit elektrischen Kontrol-Vorrichtungen versehenen optischen oder akustischen Warnungs- und Deckungs-Signale gleichen sehr den erst später zu besprechenden Stations - Deckungs - Signalen; an dieser Stelle werden daher einige wenige Angaben über die betr. Vorrichtungen ausreichend sein.

Bei englischen Bahnen hat man in angemessener Entfernung von Drehbrücken z. B. 2 Schienen angebracht, von denen die eine mit der Erde, die andere mit der Brücke verbunden wurde. Setzte ein passirender Wagen die Schienen in leitende Verbindung, so schloss die niedergelassene Brücke eine Batterie, wodurch dann eine auf jenem Wagen befindliche, in den Stromkreis eingeschaltete Lärmglocke ertönte. — Von Tesse und Lartigue wurde ein automatisches Deckungs - Signal konstruirt und auf der französischen Nordbahn angewendet. Das eine der Lokomotiv - Räder wirkt auf einen Hebel, der eine mit der Leitung verbundene Feder zum Aufliegen auf einen zur Erde abgeleiteten Kontakt bringt. Hierdurch erfolgt Strom - Schluss und Ertönen eines Weckers, der am Plan-Uebergang aufgestellt ist. Die Wecker - Einschaltung ist der in Fig. 579 skizzirten verwandt. Sowie nämlich der Anker angezogen wird, schnappt ein Kontakt-Hebel von ihm ab und stellt einen kürzeren Schluss für die Batterie her, die nun durch Selbst - Unterbrechung so lange läutet, bis der Wärter den kurzen Schluss wieder aufhebt. Damit der erste, automatisch gesendete Strom nicht auf eine zu kurze Zeitdauer beschränkt sei, ist die Kotakt - Feder mit einem Blasebalg in Verbindung gesetzt, der den Rückgang der Feder in die Ruhelage verzögert. (Vergl. hierzu *Annales télégraphiques*, 1875, S. 124). — Endlich ist hier der 1872 auf der französischen Nordbahn während 8 Monate probeweise verwendeten und zu Anfang 1873 an 45 Schnell-

zug-Lokomotiven dieser Bahn angebrachten, von Lartigue u. Forest angegebenen elektrischen automatischen Pfeife für Lokomotiven zu gedenken. Dieselbe ist eine Dampfpfeife, deren Ventil mittels eines Hebels, auf den ein Elektromagnet wirkt, für gewöhnlich geschlossen gehalten wird; die Kerne des Elektromagnets stehen auf den Polen eines Hufeisen-Magnets, werden in Folge hiervon selbst magnetisch und halten ihren Anker angezogen. Durchläuft dagegen ein Strom von vorgeschriebener Richtung die Elektromagnet-Spulen, so wird der induzirte Magnetismus der Kerne vernichtet, und es lässt dann der Elektromagnet seinen Anker abfallen. Durch Federwirkung senkt sich jetzt der Hebel mit dem Ventil, in Folge dessen die Pfeife ertönt. In bestimmtem Abstande von dem sichtbaren Signal, über dessen Stellung die Pfeife Auskunft geben soll, liegt auf einem Holzstempel eine Metallplatte, die, wenn das Signal auf „Halt“ steht, mit einer Elektrizitäts-Quelle in Verbindung ist und einen Strom der verlangten Richtung durch den Elektro-Magnet der Pfeife sendet, im Augenblick wo eine an der Lokomotive angebrachte Bürste von Metall über die Platte hinstreicht. (Vergl. hierüber Polytechnisches Zentralblatt, 1874, S. 166).

10. Deckungs-Signale gegen den Zusammenstoss zweier Züge.

P. R. § 25: „... Züge, wohin auch leer gehende Lokomotiven zu rechnen, dürfen einander nur in Stations-Distanz folgen.“

§ 40: „Jeder im Dunkeln sich bewegende Zug, sowie jede einzeln fahrende Lokomotive muss vorn mit 2, in der Richtung der Fahrt weit leuchtenden Laternen, und hinten mit mindestens 1 nach rückwärts leuchtenden Schluss-Laterne versehen sein. — Am Schlusse eines jeden im Dunkeln fahrenden Zuges ist ausserdem ein dem Zugführer und dem Zug-Personal sichtbares, nach hinten und nach vorn leuchtendes Laternen-Signal anzubringen. — Jeder Bewegung der Lokomotive auf Bahnhöfen muss ein Achtungs-Signal vorhergehen. — Einzeln fahrende Lokomotiven und Arbeitszüge werden wie andere Züge signalisirt. — Auch Dräsinen und Material-Transport-Wagen (§ 36) auf freier Bahn müssen im Dunkeln angemessen beleuchtet sein.“

S. O. III: „Für die optischen Signale am Zuge sind folgende Anordnungen zu beachten:

	Bei Tage:	Bei Dunkelheit:
18. Kennzeichnung der Spitze des Zuges:		
a) wenn der Zug auf 1gleis. Bahn oder auf dem für die Fahrtrichtung bestimmten Gleis einer 2gleisigen Bahn-Strecke fährt;	Kein besonderes Zeichen.	2 weiss leuchtende Laternen vorn an der Lokomotive.
b) wenn der Zug ausnahmsweise auf dem nicht für die Fahrtrichtung bestimmten Gleis einer 2gleisigen Bahn-Strecke fährt.	Kein besonderes Zeichen.	2 roth leuchtende Laternen vorn an der Lokomotive. — Befindet sich in Ausnahmefällen die Lokomotive nicht an der Spitze des Zuges oder fährt dieselbe mit dem Tender voran, so sind die Laternen am Vordertheil des vordersten Fahrzeuges anzubringen.
19. Kennzeichnung des Schlusses des Zuges (Schluss-Signal).	An der Hinterwand des letzten Wagens eine roth und weisse runde Scheibe.	An der Hinterwand des letzten Wagens 2 nach vorn grün und nach hinten roth leuchtende Laternen. — Für einzeln fahrende Lokomotiven auf der freien Bahnstrecke genügt eine roth leuchtende Laterne und bei Bewegung der Lokomotiven auf Bahnhöfen die Anbringung von einer Laterne mit weissem Licht am Anfang der Lokomotive und am Ende des Tenders, bei Tender-Lokomotiven an beiden Enden derselben.

S. O. Ib: „Die optischen Signale am Blockstations-Telegraphen, welche in der Ruhestellung „Halt" zeigen müssen, sind wie folgt zu geben:

	Bei Tage:	Bei Dunkelheit:
8. Freie Fahrt.	Rechtsseitiger Telegraphenarm schräg nach oben gerichtet (unter einem Winkel von etwa 45°).	Weisses Licht der Signal-Laterne.
9. Halt.	Rechtsseitiger Telegraphenarm wagerecht.	Rothes Licht der Signal-Laterne.

Den Zusammenstoss eines Zuges mit einem entgegen kommenden oder einholenden Zuge durch automatische Vorrichtungen zu verhüten, versuchte Manuel Fernandez de Castro schon 1853, indem er entlang der Bahn 2 gegeneinander isolirte Metall-Streifen legte. Jeder dieser Streifen bildete aber nicht ein zusammenhängendes Ganzes, sondern bestand aus einzelnen, durch kurze nichtleitende Zwischenräume getrennten Stücken, die so zusammengesetzt waren, dass immer die an einander stossenden Enden von 2 Stücken des einen Streifens der Mitte eines Stückes vom anderen Streifen gegenüber lagen. Sobald nun die Reiber von 2 Zügen auf dem nämlichen Stücke desselben Streifens schleiften, — im ungünstigsten Falle also, wenn die Züge nur um die halbe Länge eines solchen Streifentheils von einander entfernt waren, erfolgte auf jedem der beiden Züge der Schluss einer mit dem einen Pole zur Erde abgeleiteten Batterie und beide Batterien sandten nun einen Strom derselben Richtung durch die Lärm-Apparate der Züge. — Eine dieser Einrichtung verwandte Vorkehrung wurde dem Amerikaner William Robinson neuerlichst patentirt und u. a. auf der Philadelphia-Erie-Bahn versucht. Die beiden gegen einander isolirten Schienen eines Gleises sollen nämlich an der einen Stelle mit den beiden Polen einer Batterie verbunden, an einer anderen Stelle aber 2 Drähte zu einem Relais geführt werden. So lange nun nicht ein Wagen eine leitende Verbindung beider Gleise herstellt, durchläuft der Batterie-Strom das Relais und dessen Ankerhebel schliesst einen Lokal-Strom durch einen Elektromagnet, dessen angezogener Ankerhebel eine Signal-Scheibe parallel zum Gleis stellt. Befindet sich auf dem Gleis aber ein Wagen, so schliesst dieser die Batterie kurz, der Anker fällt ab, die Signal-Scheibe stellt sich durch Federwirkung normal zum Gleis und bleibt als Warnungs-Signal sichtbar, bis der Wagen die betr. Strecke wieder verlassen hat. (Vergl. Dingler's Polytechnisches Journal, Bd. 212, S. 526). — Eine noch komplizirtere ähnliche Einrichtung, von Carr und Barlow angegeben, ist beschrieben im *Journal of the Society of Telegraph Engineers,* Heft V, S. 265. (Vergl. auch unter 4.) —

Mehr Sicherheit, als die angegebenen Hülfsmittel, gewähren zweckmässig eingerichtete besondere Telegraphen-Anlagen, namentlich dann, wenn dieselben mit optischen Signalen verbunden sind. Schon 1843 schlug W. F. Cooke vor, hierzu Nadel-Telegraphen zu benutzen; die Bahn sollte in Sektionen getheilt und

auf jeder Station eine mit der Zahl der Stationen übereinstimmende Anzahl von Nadeln aufgestellt werden. Aber erst 1847 wurde von J. Regnault eine brauchbarere telegraphische Einrichtung für die Bahn von St. Germain entworfen; wirklich vollkommene elektrische Apparate dazu gehören erst der neuesten Zeit an. —

Sicherheit gegen den Zusammenstoss zweier Züge, die auf demselben Gleis fahren, wird durch Signale am Zuge (S. O. III. 18, 19) nur ausnahmsweise geboten; man muss also durch weitere Mittel verhüten, dass derselbe Gleis-Abschnitt gleichzeitig von 2 Zügen befahren wird. Mit der Länge solcher Abschnitte ist man hier und da bis unter 0,4^{Km} hinabgegangen, ohne Noth sollte man aber nicht unter 2,0^{Km} nehmen.

Gegen das Begegnen zweier Züge zwischen 2 Stationen einer 1gleisigen Bahn würde es schützen, wenn die Station A den Zug nicht eher abfahren lässt, bis die Station B von dem beabsichtigten Abgange telegraphisch unterrichtet und von B eine Bestätigung des Empfangs dieser Meldung eingegangen ist; unter Voraussetzung immer noch, dass das gegebene Zeichen auf beiden Stationen so lange sichtbar bleibt, bis der Zug in B angekommen ist. —

Das Aufeinanderfahren von 2 sich in gleicher Richtung bewegenden Zügen kann man in der eben angegebenen Weise nur bei Bahnen mit geringem Verkehr verhüten, weil durch Anwendung jenes Mittels bei der gewöhnlichen Entfernung der Stationen für die Beförderung der Züge zu viel Zeit ungenützt verstreicht. Im Allgemeinen muss daher eine zwischen 2 Stationen liegende lange Strecke in Abschnitte zerlegt und jeder Abschnitt, der zeitweilig besetzt ist, für jeden anderen Zug gesperrt werden.

A. Die Absperrung durch Zeit-Signale (Zugdeckung nach dem Zeit-Block-System). Nach dem Einfahren eines Zuges in einen Gleis-Abschnitt wird einem nachfolgenden Zuge das Einfahren so lange Zeit hindurch untersagt, bis der erste Zug, nach Maassgabe des Fahrplans, den Abschnitt vermuthlich wieder verlassen hat. — Das System ist in sehr einfacher Weise — z. B. durch die Bahnzustands-Signale am Signal-Mast (vgl. 4.) — durchzuführen, ist jedoch, wie leicht zu erkennen, nicht zuverlässig genug. Bei Anwendung des Zeit-Block-Systems kann z. B. ein durch Unfall, durch ein Hinderniss oder durch das Halt-Signal zum Stehen gebrachter Zug nur durch Rückwärts-Entsendung eines Bediensteten sich decken. Das Zeit-Block-System ist auf verschiedenen deutschen, österreichischen, französischen und belgischen Bahnen üblich; auf mehren französischen Bahnen mit der Vorkehrung, dass man, nachdem das Halt-Signal 10 Min. gestanden, während der darauf folgenden 10 Minuten noch das Signal „Langsamfahren“ giebt. — Lässt man, wie es einzeln wohl geschieht, das Zeit-Signal durch automatische Vorrichtungen, z. B. durch das passirende Rad der Lokomotive, geben, so wird dasselbe zwar von der Aufmerksamkeit des Wärters unabhängig, dafür aber, und nicht weniger ungünstig, in Abhängigkeit von mechanischen und meteorologischen Verhältnissen versetzt. —

B. Die Absperrung durch Distanz-Signale (Zugdeckung nach dem Raum-Block-System). Der zeitweilig gesperrte Bahn-Abschnitt wird hierbei erst dann wieder freigegeben, wenn der eingelassene Zug denselben thatsächlich verlassen hat. Sicherheit ist hierbei also geboten, sobald und so lange man von den Signalen störende Einflüsse fern zu halten vermag.

Einfach, doch wenig zuverlässig ist der Vorschlag, dass jeder Wärter vom Augenblick des Vorbeifahrens eines Zuges an in seinem

und dem nächsten Wärterhause ein Läutewerk ertönen lassen soll, so lange, bis der Zug das nächste Wärterhaus erreicht hat und das Läuten von dem dort stationirten Wärter unterbrochen wird. — Noch weniger praktisch als dieser Vorschlag war der von Georg Cayley (1841), der dahin ging, dass beim Vorüberfahren an einem Wärterhause der Zug automatisch eine rothe Scheibe (vor einer Laterne) an einem Maste aufziehen und bei seiner Ankunft an dem 1,6Km entfernt stehenden nächsten Wärterhause diese Scheibe wieder herunterlassen solle. —

Soll jeder Gleis-Abschnitt durch eigentliche Block-Signale zeitweilig gesperrt (blockirt) werden, so sind am Grenzpunkte von je 2 Abschnitten Signal-Stationen (Blocksignal-Stationen) anzulegen, und es muss der am Anfange eines Abschnittes gelegenen Station von der End-Station dieses Abschnittes telegraphische Meldung gemacht werden, wenn jener von der Anfangs-Station eingelassene Zug den Abschnitt wieder verlassen hat. Zu solchen Meldungen sind gewöhnliche elektrische Telegraphen-Apparate, z. B. Nadel-Telegraphen, nicht ausreichend, weil selbst dann, wenn anstatt einer 2 oder 3 Leitungen, sei es zur Kontrole, sei es zum Schutze gegen Störungen durch atmosphärische Elektrizität angewendet werden, und wenn auch das zur Bedienung der Apparate erforderliche geübte Personal zu beschaffen ist, dennoch gelegentlich Irrungen und Verwechslungen in den Zeichen nicht ganz ausgeschlossen sind und noch weniger eine gewissenhafte Beachtung der Zeichen seitens der Signal-Wärter sicher gestellt ist. Daher überträgt man zweckmässig die erwähnte Meldung an besondere Block-Signal-Apparate, die so einzurichten sind, dass das blockirende Signal jeder Block-Station nur von der in der Zug-Richtung nächstfolgenden Block-Station aus beseitigt und so der zwischenliegende Gleis-Abschnitt wieder entblockirt werden kann. Dabei muss zugleich das Block-Signal dem Zug-Personal durch aus grösserer Ferne erkennbare optische Signale, z. B. Flügel, wahrnehmbar gemacht werden, u. z. sollte das optische (Flügel-) Signal stets von dem Block-Signal-Wärter selbst gegeben werden, damit derselbe im Stande ist, das Signal auch auszulassen in dem Falle, dass aussergewöhnliche Umstände dies etwa erfordern. Man sollte ferner für das optische Signal einen solchen Standort und eine solche Einrichtung wählen, dass der Wärter das Signal nur von einer Stelle aus bewegen kann, an der er das zugehörige, mittels der Block-Signal-Apparate gegebene elektrische Signal vor Augen hat; letzteres müsste übrigens zugleich sichtbar und hörbar sein. Mit dem Entblockiren der vorhergehenden Station soll gleichzeitig jeder Block-Wärter seine eigene Station elektrisch blockiren, u. z. mittels des elektrischen Entblockirungs-Stroms selbst. Das Flügel-Signal sollte aber wiederum mit dem Apparate, durch welchen dieser Entblockirungs- (und Blockirungs-) Strom entsendet wird, in einen solchen Zusammenhang gebracht werden, welcher den Wärter zwingt, vor der Absendung des Entblockirungs-Stromes sein eigenes zugehöriges optisches (Flügel-) Signal auf „Halt" zu stellen, ihm also die Absendung jenes Stromes vor der Stellung des Signales auf „Halt" unmöglich macht. Nach geschehener Entblockirung der vorhergehenden Station muss endlich nicht nur das sichtbare elektrische Signal der entblockirenden und jetzt selbst blockirten Station dem Wärter unzugänglich sein und bleiben, sondern es muss auch das den nächsten Bahn-Abschnitt blockirende optische Signal festgemacht sein, d. h., es darf der Wärter nicht im Stande sein, dasselbe früher zu beseitigen, als bis die nächste Station seine

(des vorigen Wärters) Station entblockirt hat, was zunächst dadurch geschieht, dass jene das sichtbare elektrische Block-Signal wieder verschwinden macht.

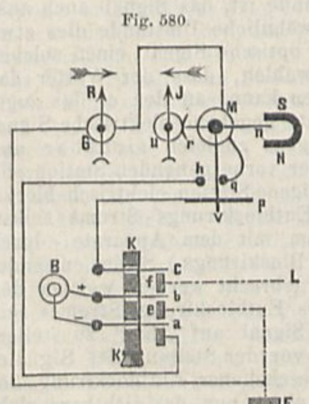
Ein Abgehen von der letzteren Bedingung macht sich nur in besonderen Fällen nöthig, z. B. auf denjenigen Stationen, wo ein nachfolgender Zug den vorausgegangenen zu überholen hat; in diesen Fällen darf jedoch nur der Stations-Vorstand ermächtigt sein, eine mechanische Umstellung des Block-Signals vorzunehmen.

Die elektrischen Signale müssen eine Einrichtung haben, bei der ein Versagen (etwa durch zufällige Schwächung der Elektrizitäts-Quelle) nicht zu befürchten steht, bei der ferner die Signale durch atmosphärische und tellurische elektrische Ströme nicht beeinflusst oder gefälscht werden können, und bei der endlich durch Versäumniss eines Block-Wärters und selbst durch etwaige Beschädigung der elektrischen Leitung nicht ein Gefahr bringendes, sondern höchstens ein dem Zuge unnöthigen Aufenthalt verursachendes Signal gegeben wird und pflichtwidriges Signalisiren der Wärter sich möglichst von selbst verräth.

Wird den genannten Anforderungen entsprochen, so verdienen die elektrischen Signale das Misstrauen nicht, mit welchem man denselben noch vielfach begegnet. Eine Zug-Gefährdung ist wohl nur in dem Falle möglich, dass ein Zug nicht weiter als etwa 1 ^{Km} hinter einer Block-Station, u. z. bei einem Witterungszustande halten bleibt, der die Wahrnehmung des optischen Signals von grösserer Entfernung aus nicht zulässt. Hierbei ist aber eine Deckung des haltenden Zuges durch rückwärts entsendete Bedienstete um so leichter ausführbar, als der nächste Zug wenigstens nahezu um die Länge eines ganzen Abschnittes entfernt sein wird. —

Wo man im Interesse der stärkeren Ausnutzung der Bahn, oder auch bei geringem Verkehr auf eine strenge Erfüllung der einen oder anderen der aufgestellten Bedingungen glaubt verzichten zu dürfen, lassen sich die elektrischen Signale durch um so einfachere Vorrichtungen geben. Uebrigens wird die Hinzufügung von Signalen, durch welche eine Block-Station der nächstfolgenden Block Station meldet, dass ein Zug in den zwischen beiden liegenden Block-Abschnitt eingefahren sei und ein auf diese Meldung folgendes Bestätigungs-Signal wenigstens da, wo durchgehende Strecken-Signale eingeführt sind, als überflüssig angesehen werden können. —

Fig. 580



a) Regnault giebt seit 1858 seinen Block-Apparaten folgende Einrichtung: An jedem Ende des Block-Abschnitts wird im Zimmer des Stations-Vorstandes ein Apparat mit 2 pfeilförmigen Zeigern (Repetitor *R* und Indikator *J*, Fig. 580) aufgestellt; die Zeiger haben für gewöhnlich die vertikale Lage; jeder kann (wegen eines vorhandenen Anschlagstiftes) eine Bewegung nur nach einer Seite hin ausführen, u. z. nach der durch die Pfeile angedeuteten hin. Jedes von einem Zeiger gegebene Zeichen bleibt so lange stehen, als der Zug sich auf dem zugehörigen Abschnitt befindet; dasselbe ist sowohl dem Stations-Vorstand als auch dem übrigen Personal sichtbar. Die

Repetitoren stecken nebst Nadel auf der Achse eines Galvanometers *G*; ihre vertikale Stellung wird durch die Wirkung eines Richt-Magnets erhalten; die Ablenkung durch Ströme einer bestimmten Richtung dauert so lange, wie die Ströme selbst.

Ein kleines Getriebe *u* auf der Achse des Indikators greift in einen an dem Kerne eines Elektromagnets *M* sitzenden Zahnbogens; dieser Kern ist an den Polen zu Flügeln *n* verlängert, die rechtwinklig zur Kernaxe stehen und zwischen die Schenkel von 2 Hufeisen-Magneten *NS* hineinragen. Bei Drehung des Kerns spielt ein an ihm befestigter Arm *v* zwischen 2 Kontakt-Schrauben *h* und *q*, schleift dabei auf einer Schiene *p* und setzt so die letztere abwechselnd mit der einen und anderen jener Schrauben in leitende Verbindung. Beim Ablassen eines Zuges drückt der Stations-Vorsteher auf einen Knopf *K*, wodurch 3 drehbare Kontakt-Federn *a*, *b*, *c* verschoben werden, und schaltet so seine Batterie *B* zwischen *e* und *f*, d. h. zwischen Erde *E* und Telegraphen-Leitung *L* ein. Der Batterie-Strom durchläuft weder das Galvanometer *G* noch den Elektromagnet *M* der Abgangs-Station *X*, kann also hier weder den Repetitor noch den Indikator verstellen; auf der Empfangs-Station *Y* durchläuft dagegen der Strom das Galvanometer *G* in einer solchen Richtung, dass der Repetitor der Pfeilrichtung entgegen abgelenkt werden würde. Den Kern des Elektromagnets *M* magnetisirt der Strom so, dass der Indikator *J* sich schräg stellt; dadurch legt sich *v* an *h*, unterbricht zunächst den von *X* kommenden Strom und sendet gleich darauf den Strom der Batterie von *Y* in der Leitung *L* in entgegengesetzter Richtung nach *X*; da von diesem Strom in *Y* wieder weder *G* noch *M* durchlaufen werden, so hält der Magnet *NS* den nicht mehr magnetischen Kernflügel *n* an demjenigen Schenkel fest, dem derselbe sich bei seiner früheren Drehung genähert hatte; in *X* endlich durchläuft der jetzige Strom zwar *G* und *M*, verstellt aber wegen seiner Richtung nur den Repetitor *R*, nicht aber den Indikator *J*, und dadurch erhält die Abgangs-Station *X* die Gewissheit, dass ihre Meldung in der Station *Y* angekommen ist. Der zu zweit gegebene Strom währt nun so lange, bis bei Ankunft des Zuges in *Y* der dortige Bahnhofs-Vorstand auf einen zweiten, *K* ähnlichen Knopf drückt, wodurch der Arm *v* an *q* zurückgeführt und jener Strom unterbrochen wird. So lange bleiben daher auch in *X* und *Y* die Zeiger-Signale unverändert stehen; in *Y* stehen die Signale selbst dann noch, wenn die Leitung *L* vor Ankunft des Zuges unterbrochen wurde. Zugleich ist die Station *X* während jener Zeit ausser Stande, weder das eigene noch das in *Y* erschienene Zeichen verschwinden zu lassen, und eben so wenig kann *Y* auf ein nach *X* gegebenes Zeichen eine Rück-Antwort erhalten. — Bei neueren Apparaten hat übrigens Regnault das Galvanometer *G* durch einen zweiten, dem ersten *M* ähnlichen Elektromagnet ersetzt. —

b) Edwin Clark verbesserte (1854) Cooke's System dahin, dass er jeder Block-Station für jedes Gleis einen Nadelzeiger gab, der durch einen positiven Ruhestrom nach rechts, durch einen negativen nach links abgelenkt, das Fahr-Signal oder das Halt-Signal gab, bei gänzlicher Strom-Unterbrechung aber — bei vorgekommenen Unfällen etc. — durch aufrechte Stellung das Signal „Strecke gesperrt“ zeigte. Dies System war 15 Jahre lang auf der London- und North-Western-Bahn im Gebrauch; bei 2 Gleisen und Zugabe eines Läutewerks waren 3 Drähte dafür nöthig.

Sehr ähnlich sind die Block-Signale, welche Spagnoletti (1862) auf der Great-Western, der North-Eastern, der Londoner Metropolitan-Bahn und der Metropolitan-District-Bahn einführte; doch

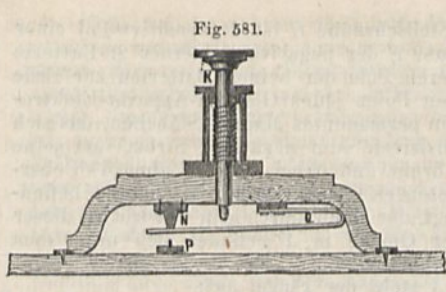
fügte Spagnoletti wohl noch eine optische Signal-Scheibe hinzu, deren Stellhebel durch die elektrischen Signale festgestellt wurde.

c) Ch. V. Walker benutzte anstatt der Nadeln kleine elektromagnetische Semaphoren, deren Flügel vom Strome bewegt wurden und deren Zeichen der Wärter mit dem optischen Signal nachzubilden hatte. — Fast zu derselben Zeit (1852) führte Walker auf der South-Eastern Bahn hörbare elektrische Signale ein, die beim Schliessen des Stroms durch Anschlagen des Elektromagnet-Ankers an eine Glocke hervorgebracht wurden und die den betr. Bahn-Abschnitt nur insofern blockirten, als der Zug nicht früher abgelassen werden durfte, als bis das Abfahrts-Signal von der nächsten Station aus beantwortet worden war. Ist notorisch dieses einfache und billige System auch bei dem starken Verkehr der South-Eastern-Bahn mit günstigem Erfolge benutzt worden, so bleibt dabei doch bedenklich, dass nur hörbare Signale gegeben werden; jene Bahn hat sich übrigens auch genöthigt gesehen, an vielen Glocken Zählwerke zum Registriren der Schläge anzubringen und vielfach Zeiger-Apparate hinzu zu fügen, welche auf die Glocke hinweisen, welche gerade im Läuten begriffen ist. — 1866 führte Walker elektro-magnetische Semaphoren in Verbindung mit Glocken ein. Er brauchte in allen 3 Fällen für eine 2gleisige Bahn nur einen Draht und gab die Signale durch kurze Ströme. —

d) Tyer's Apparat, der von 1852 an auf mehren englischen und französischen Bahnen, sowie auf der Great-Indian-Peninsular-Bahn eingeführt worden ist, enthält (1868) in seinem Indikator 2 übereinander liegende Zeiger, von denen der obere (schwarze) die auf der Station anlangenden, der untere (rothe) die von der Station abgesandten Signale markirt. Es werden nur 2 Signale: „Bahn frei" und „Bahn besetzt", gegeben und dazu werden mittels zweier Drücker kurze Ströme von ungleicher Richtung — für beide Geleise auf derselben Leitung — den Nachbar-Stationen zugesendet. Die Vorgänge bei der Fahrt eines Zuges von Station A nach Station B sind folgende: A meldet in B durch 1 Glockenschlag, dass ein Zug nach B abgehen soll; darauf drückt B den Drücker „Bahn besetzt" und stellt dadurch in A den schwarzen, in B den rothen Zeiger auf „Bahn besetzt". Nun erst lässt A den Zug abgehen. Nach Ankunft desselben in B drückt B den Drücker „Bahn frei" und sendet dadurch einen Strom von entgegengesetzter Richtung in die Leitung, in Folge dessen in A der schwarze, in B der rothe Zeiger auf „Bahn frei" zurückkehrt. Kein Wärter vermag die bei ihm einlaufenden Zeichen zu ändern. Die ebenfalls kurzen Ströme zum Läuten werden mittels einer besonderen Läutetaste entsendet, die mit einem Stromwender derartig verbunden ist, dass der Läutestrom immer dieselbe Richtung wie der zuletzt entsendete Telegraphir-Strom hat. (Vergl. Tyer's *Block Telegraph and Electric Locking Signals*, 5. Aufl., 1874; ferner Zeitschr. des deutsch-österreichischen Telegraphen-Vereins XIV, S. 111).

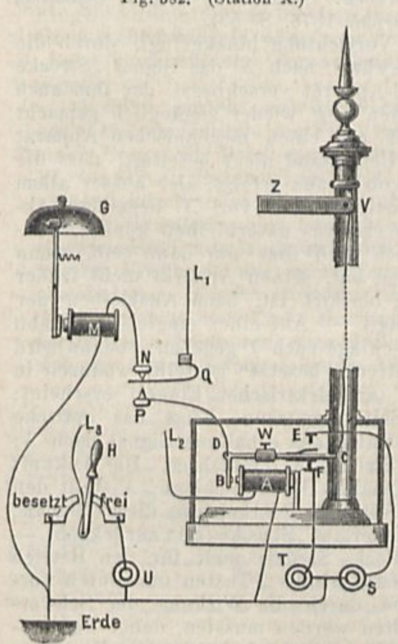
e) W. H. Preece hat bei seinem älteren, zuerst 1860 auf der South-Western Bahn eingeführten Block-Signal ebenfalls 3 Leitungs-Drähte L benutzt. Bei dem Abgange eines Zuges von X nach Y, für welchen in X das Signal „Strecke frei" steht, meldet X den Zug durch ein hörbares elektrisches Signal (2, 3 oder 4 Glockenschläge) in Y an, wozu der Knopf K der Läutetaste (Fig. 581) benutzt wird, mittels dessen die mit der ersten (Glocken-) Leitung verbundene Feder Q von dem (durch den Glocken-Elektromagnet M hindurch) mit der

Fig. 581.



Erde in leitender Verbindung stehenden Ruhe-Kontakt N an den mit dem einen Batterie-Pol T verbundenen Arbeits-Kontakt P angelegt wird und eben so viele kurze Ströme, als Glockenschläge ertönen sollen, nach Y gesendet werden. — Die hörbaren Signale wurden früher in der nämlichen Station von der einen Seite her an einer Glocke G, von der anderen Seite her an einer Spiralfeder gegeben; gegenwärtig benutzt man lieber 2 Glocken von ungleicher Tonhöhe. Der Klöppel derselben sitzt unmittelbar auf dem Ankerhebel des Elektromagnets M. Y sendet die empfangene Meldung durch 2 mal 2 Glockenschläge vorläufig nach der nächsten Station weiter. Vorher aber hat Y seinen mit der 2. Leitung verbundenen Hebel H eines Umschalters von „Strecke frei" auf „Strecke besetzt" gestellt, d. h. die Leitung L_2 selbst von der Batterie U an Erde gelegt und dadurch in X den Abschnitt $X\,Y$ blockirt. In die 2. Leitung ist nämlich in X ein Elektromagnet A (Fig. 582) eingeschaltet, der ein sichtbares elektrisches Signal stellt, das dem optischen Signal, welches der Signal-Wärter dem Lokomotivführer zu geben hat, genau entspricht. In gleicher Weise ist der Umschalter von X und der Elektromagnet A von Y in die 3. Leitung eingeschaltet, und diese beiden Theile sind für Züge, die von Y nach X gehen, bestimmt. Die Art und Weise, wie z. B. die Stellung eines elektrischen Flügel-Signals erfolgt, zeigt Fig. 582. Hier erhält das Gegengewicht W den um V drehbaren Flügel Z in horizontaler Lage, was dem Signal „Strecke besetzt" entspricht; ein elektrischer Strom durch den Elektromagnet A führt durch seine Wirkung auf den Anker B, an dem um D drehbaren Hebel BC den Flügel Z in die vertikale Lage („Strecke frei"); der Flügel bleibt aber wegen der unausgesetzten Wirkung von W nicht länger in dieser (hängenden) Lage, als der Strom den Elektromagnet A durchläuft. Dabei sind A und BC im Gehäuse verschlossen, damit der Wärter in X das elektrische Signal nicht umstellen könne. Nun steht der mit 2 Kontaktfedern ausgerüstete Hebel BC mit dem Kontakt-Ständer P in leitender Verbindung, auf welchen Ständer der Knopf K die mit der Glocken-Leitung verbundene Kontaktfeder Q der

Fig. 582. (Station X.)



Läutetaste auflegt. An die Stellschraube *E* ist der positive Pol einer Batterie *S*, an die Stellschraube *F* der negative Pol einer 2. Batterie *T* geführt, während die anderen Pole der beiden Batterien zur Erde abgeleitet sind. Zwischen den Polen jedes Glocken-Apparat-Elektromagnets endlich liegt noch ein permanentes Magnet-Stäbchen, das sich durch die Wirkung eines positiven oder negativen Stroms um seine Axe nach links oder rechts dreht und dabei durch Zahnrad-Uebertragung einen auf der Aussenseite des Glocken-Gehäuses befindlichen Zeiger (Repeater) umlegt, der dann durch sein Gewicht in dieser Lage erhalten wird. An der Glocke in *Y* befindet sich unter dem Zeiger die Aufschrift:

In Station *X* steht der Flügel auf:
„Strecke besetzt!“ — „Strecke frei!“

Da nun *X* den Empfang des von *Y* eingelaufenen sichtbaren Block-Signals durch 1 Glockenschlag bestätigt, so giebt *X* nach *Y* zugleich Meldung über den Stand seines Flügels. — Ist der Zug in *Y* eingetroffen oder von *Y* aus weiter gefahren, so stellt *Y* seinen Umschalterhebel *H* wieder auf „Strecke frei“, schaltet also seine Batterie *U* wieder ein. Der Flügel *Z* in *X* senkt sich durch die Wirkung des Stromes, und *X* bestätigt den Empfang des Signals „Strecke frei“ durch einmaliges Niederdrücken seines Knopfes *K*, d. i. durch 1 Glockenschlag, nach *Y*, woselbst (wegen der inzwischen eingetretenen Umstellung des Ankerhebels *B C* in *X*) zugleich der Repeater wieder auf „Strecke frei“ rückt. (Vergl. William Henry Preece: *On Railway Electric Signaling*, London 1865, und *Telegraphic Journal*, 1876, S. 55).

Preece hat später noch eine Vorrichtung hinzugefügt, durch die der Wärter in *Y*, indem er rückwärts nach *X* das Signal „Strecke besetzt“ giebt, den eigenen Signal-Apparat verschliesst, der ihm auch erst durch den in *Y* eintreffenden Zug wieder zugänglich gemacht wird, wenn die Räder des Zuges auf einen mechanischen Apparat wirken. Hierdurch ist aber der Uebelstand nicht beseitigt, dass die Blockirung des Abschnittes *X Y* von *Y* aus erfolgt, also ausser allem Zusammenhange mit dem Entblockiren des vor *X* liegenden Abschnittes durch *X* steht, dass also ersteres unterbleiben könnte, während letzteres erfolgt. Unschädlich wird dies nur dann sein, wenn *X*, der den Zug in *X Y* eingelassen hat, seinen Apparat nicht früher verlässt, als *X Y* von *Y* wirklich blockirt ist, beim Ausbleiben der Blockirung aber *Y* hierzu veranlasst. — Auf einer eingleisigen Bahn werden in *X* erst 2mal 2 Glockenschläge nach *Y* gegeben; sodann wird in *X* der Umschalterhebel auf „Strecke besetzt“ gestellt, wodurch in *Y* das Signal „Strecke besetzt“ (am elektrischen Flügel) erscheint; *Y* giebt für von der anderen Seite kommende Züge das optische Signal „Strecke besetzt“ und bestätigt das erhaltene Signal nach *X*; nun erst lässt *X* den Zug in die Strecke *X Y* einfahren. Die Ankunft desselben in *Y* meldet *Y* durch 2mal 3 Glockenschläge; *X* stellt den Hebel auf „Strecke frei“ und *Y* bestätigt den Empfang dieses Signals, wobei der Repeater (Zeiger) in *Y* wieder auf „Strecke frei“ zurückgeht. —

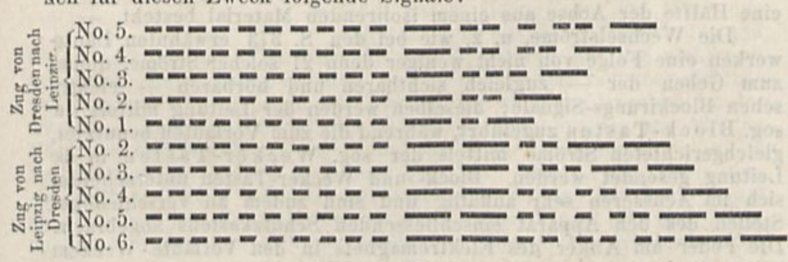
1866 richtete Preece seine Block-Signale auch für den Betrieb mit 1 Leitung ein, wobei die Signale mittels 2 Tasten und durch vorübergehende Ströme gegeben und durch die Wirkung der Schwerkraft oder des Magnetismus erhalten werden mussten, daher den störenden und fälschenden Einflüssen atmosphärischer und tellurischer elektrischer Ströme ausgesetzt waren. Diesem Uebelstande suchte Preece dadurch zu begegnen, dass er das Herablassen des Flügels zu „Strecke frei“ von der zustimmenden Thätigkeit der Wärter an beiden Enden des Abschnittes *X Y* abhängig machte (vergl. unter 1). —

f) Marqfoy richtete 1858 auf der französ. Südbahn den Regnault'schen ähnliche Signale ein, welche eher als wirkliche Block-Signale gelten können. Jede Block-Station erhält eine Wendescheibe und einen Stellhebel, der mit der Scheibe der eigenen Station mechanisch, mit jener der rückliegenden Station elektrisch verbunden ist, u. z. so, dass bei der Umlegung des Stellhebels beide Scheiben ¼ Umdrehung machen, während aber die eine Scheibe Roth — „Strecke besetzt“ — zeigt, lässt die andere Weiss — „Strecke frei“ — sehen. Das optische Signal giebt der Wärter bei Tage mit der Hand-Signal-Fahne, bei Nacht mit der Hand-Signal-Laterne. Geht ein Zug von X nach Y, so stellt X seine Scheibe auf Roth und giebt jedem nachfolgenden Zuge mit der Hand das Halt-Signal; kommt der Zug in Y an, so macht der Wärter dort seine Scheibe roth und zugleich die Scheibe in X wieder weiss, worauf der Wärter in X seinen Stellhebel in die Ruhelage zurück bringt. —

g) Verité liess auf der französ. Nordbahn die Lokomotive beim Abfahren des Zuges automatisch durch einen Hebel eine rothe Glasscheibe sichtbar machen, die durch elektrische Wirkung erst wieder verschwand, wenn die Lokomotive beim Einfahren in die nächste Signal-Station einen 2. Hebel niederdrückte. Aehnliche Einrichtungen wendeten Bréguet und Guillaume auf der französ. Ostbahn, Hipp am Ausfahrts-Gleis der Bahn Zürich-Örlikon an.

h) Frank Russel & Co. in London geben auf 2 Drähten mittels dauernder Ströme dem Signal-Wärter durch Heben eines weissen Flügels Auskunft über die von ihm entsendeten Signale, durch Heben eines rothen Flügels aber von der Nachbar-Station her das Signal „Bahn blockirt“; eine vorhandene 3. Draht-Leitung dient für Glocken-Signale. —

i) Wie mittels gewöhnlicher Telegraphen (Thüring. Bahn) hat man auch mittels eigenthümlich verwendeter Telegraphen einen Ersatz für Block-Signal-Apparate zu schaffen gesucht. So hat W. Gurlt in Berlin Ende 1871 auf der Leipzig-Dresdener Bahn passend konstruirte Morse-Farbschreiber mit Signal-Glocke und mit Selbstauslösung der Papierbewegung in eine Ruhestrom-Leitung eingeschaltet, mittels deren jeder Blockstations-Wärter von dem erfolgten Vorüberfahren eines Zuges an seiner Station durch einen gewöhnlichen Taster allen in demselben Bahnabschnitte liegenden Blockstationen schriftliche Meldung macht. Liegen zwischen 2 benachbarten Bahn-Stationen etwa 6 Block-Stationen, so geben dieselben sich für diesen Zweck folgende Signale:



Der Wärter in jeder Block-Station hat sich, ehe er einem Zuge das optische Fahrsignal giebt, zu überzeugen, ob auf seinem Papierstreifen das Zeichen vom Vorbeifahren des in derselben Richtung zunächst vorhergegangenen Zuges an der nächstfolgenden Station geschrieben steht oder nicht. Jedes Signal fordert zum Geben etwa 5 Sek. Zeit. —

k) Die von Siemens & Halske in Berlin nach C. Frischen's Angaben seit 1870 gebauten, mehr und mehr vervollkommneten Block-Signal-Apparate erfreuen sich auf deutschen Bahnen bereits einer grossen Verbreitung und gewähren hohe Sicherheit. Dieselben brauchen für beide Zugrichtungen nur einen Leitungs-Draht, obwohl für jeden Zug von jeder Block-Station aus 2 verschiedene elektrische Signale gegeben werden. Das 1. Signal, das Vorläuten, welches dem Zuge vorausläuft, meldet diesen der nächsten Station durch ein hörbares Signal an, damit der Wärter dort das optische Signal bei Ankunft des Zuges gestellt habe, um dem Zuge Aufenthalt zu ersparen. Das Vorläute-Signal ist werthvoll bei nebligem Wetter, besonders auch bei Störungen auf der Glocken-Linie; gleichwohl lässt man dasselbe auf manchen Bahnen fort. — Das 2. elektrische Signal ist sichtbar und hörbar zugleich; es wird in der, der Zugbewegung entgegengesetzten Richtung gegeben zur Entblockirung der vorhergehenden Station. Das Fahrsignal ertheilen die Wärter und diese erhalten die Erlaubniss zur Ertheilung desselben im allgemeinen im Voraus und ertheilen dem Zuge auch ohne Weiteres die Erlaubniss zur Fortsetzung der Fahrt, sofern der nächstliegende Bahnabschnitt befahrbar ist. Sowie aber ein Wärter einen Zug in einen Bahn-Abschnitt hat einfahren lassen, nimmt er sich auf elektrischem Wege die freie Verfügung über sein Fahr-Signal durch dieselbe Stromsendung, mittels deren er dem vorhergehenden (bisher blockirten) Wärter die freie Verfügung wiedergiebt. Die Elektrizität vermittelt also blos die Erlaubniss und das Verbot der Signal-Stellung. —

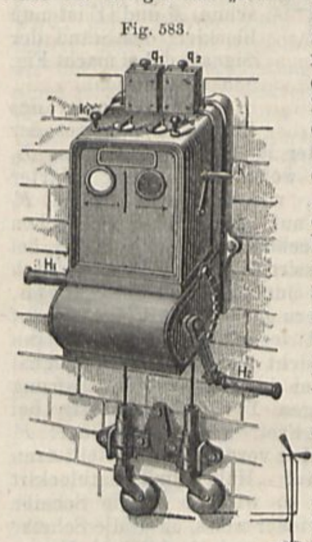
Die zum Signalisiren erforderlichen elektrischen Ströme liefert ein kräftiger Induktor, der Siemens'sche Zylinder-Induktor, (vgl. S. 372). Bei Verwendung von Induktions-Strömen fallen alle Uebelstände weg, die mit der Verwendung galvanischer Batterien verbunden sind. Die Elektrizitäts-Quelle ist weder dem Versagen, noch einer Schwächung ausgesetzt und erfordert keine besondere Beaufsichtigung etc. etc. Der Induktor kann aber auch 2 verschieden wirkende Ströme liefern: Wechsel-Ströme und gleichgerichtete. Wechsel-Ströme werden erhalten, wenn man die sehr rasch aufeinander folgenden Induktions-Ströme wechselnder Richtung sämmtlich in die Leitung eintreten lässt; gleichgerichtete Ströme dagegen, wenn man nur die Ströme der einen Richtung in die Leitung gelangen lässt, die zwischen liegenden (entgegengesetzt gerichteten) aber unterdrückt. Es schleifen zu diesem Zwecke auf der Induktor-Achse 2 Federn, u. z. die eine an einer solchen Stelle, an der die eine Hälfte der Achse aus einem isolirenden Material besteht. —

Die Wechselströme, u. z. wie bei den S. 373 erwähnten Läutewerken eine Folge von nicht weniger denn 21 solcher Ströme, dienen zum Geben der — zugleich sichtbaren und hörbaren — elektrischen Blockirungs-Signale; dieselben werden der Leitung mittels der sog. Block-Tasten zugeführt, während die zum Vorläuten benutzten, gleichgerichteten Ströme mittels der sog. Wecker-Tasten in die Leitung gesendet werden. Block- und Wecker-Tasten unterscheiden sich im Aeusseren sehr auffällig und sind zudem an verschiedenen Stellen des den Apparat einschliessenden Schutzkastens angebracht. Die Feder am Anker des Elektromagnets in den Vorläute-Wecken ist so stark gespannt, dass die kurzen Wechsel-Ströme den Anker nicht anziehen können; umgekehrt können auch die Block-Signale nicht durch Ströme von gleicher Richtung hervorgebracht werden. Jede Block-Station kann für jedes Gleis nach vorwärts hin blos vorläuten, dieses aber zu jeder Zeit und ohne weiteres, wäh-

rend dieselbe nach rückwärts hin blos entblockiren kann, dieses aber auch nur dann, wenn zuvor das zugehörige optische Signal auf der eigenen Station auf „Halt" gestellt ist. Durch die zum Entblockiren der rückwärts liegenden Station abgesendete Stromfolge blockirt jeder Wärter seine, bereits durch das optische Signal blockirte Station auch noch elektrisch und es bleibt ihm dann das elektrische sichtbare Signal „Halt" unzugänglich bis dahin, dass von der nächsten vorwärts liegenden Station seine Station wieder entblockirt worden ist; bis dieses geschehen, wird auch das optische Signal „Halt" unbeweglich fest gehalten. —

Die optischen Signale werden mittels der Flügel F_1 und F_2 am Signal-Mast durch die Kurbeln H_1 und H_2 am Block-Apparat (Fig. 583) gestellt. Beim Niederdrücken der Block-Taste k_1 oder k_2 legt sich ein Sperrkegel in eine Vertiefung der einen oder der anderen von 2 Scheiben, welche auf der Welle stecken, worauf H_1 oder H_2 die zur Bewegung der Flügel dienende Kette aufwindet. So lange einer der Flügel auf „Bahn frei" steht, liegt dem zugehörigen Sperrkegel die volle Scheibe gegenüber, und so lange kann die betr. Blocktaste nicht niedergedrückt und auch durch Umdrehen der Induktor-Kurbel h der Entblockirungs-Strom nicht entsendet werden. Hat sich der Sperrkegel eingelegt, so kann die Scheibe nicht mehr rückwärts gedreht, der Flügel nicht mehr aus „Halt" auf „Frei" gestellt werden, und es dauert dieser Zustand bis zur Ankunft der Entblockirungs-Ströme von der nächsten Station, weil durch eine anderweite Sperrung der Sperrkegel so lange festgehalten wird; erst durch jene Ströme wird derselbe wieder der Wirkung einer ihn in seine Ruhelage zurückführenden Feder überlassen. —

Fig. 583.



Für die nach der einen und der anderen Richtung (auf dem 1. und 2. Gleis) verkehrenden Züge enthalten die Siemens & Halske'schen Block-Signal-Apparate je einen besonderen Apparat-Satz; die Scheiben und Block-Tasten jedes Satzes liegen von der Mitte des Schutzkastens aus in der Zugrichtung und ebenso die kleinen Fenster U_1 und U_2, durch die das elektrisch gegebene „Halt" (rothe Scheibe) und „Frei" (weisse Scheibe) sichtbar werden; endlich entspricht der Zugrichtung auch die Lage der Läute-Tasten q_1 und q_2, die auf der Oberseite des Apparats aus kleinen Kästchen hervorstehen. Den Stand der Flügel und Signal-Scheiben bei unbesetzter Strecke X Y zeigt Fig. 584. Hört X das Vorläuten, so stellt er (wenn zulässig und erst noch nöthig) das Frei-Signal mit seinem, der Zugrichtung entsprechenden Flügel F_2 und lässt, nachdem er den ihm sichtbar werdenden Zug (durch Niederdrücken der Wecker-Taste q_2 und Umdrehen der Induktor-Kurbel h) auf der Leitung L_2 in Y vorgeläutet hat, den inzwischen eingetroffenen Zug vorbeifahren. So lange nun in X der Flügel F_2 noch auf „Frei" steht, vermag der Wärter in X das nach rückwärts zu gebende Entblockirungs-Signal nicht zu ertheilen, weil er ausser Stande

ist, die Block-Taste k_2 niederzudrücken. Wenn dagegen X den Flügel F_2 mittels der Windenkurbel H_2 wieder auf „Halt“ gestellt hat, so ist er im Stande, die Blocktaste k_2 niederzudrücken und beim Umdrehen der Kurbel h elektrische Ströme in die Leitung L_1 zu senden, welche die vorherliegende Station entblokkiren. Diese Ströme machen in X die Scheibe U_2 roth und stellen den auf „Halt“ stehenden Flügel F_2 mechanisch fest (blockiren ihn). Der Bahn-Abschnitt zwischen X und Y ist nun blockirt; den Stand der Signale dabei macht Fig. 585 anschaulich.

Fig. 584.

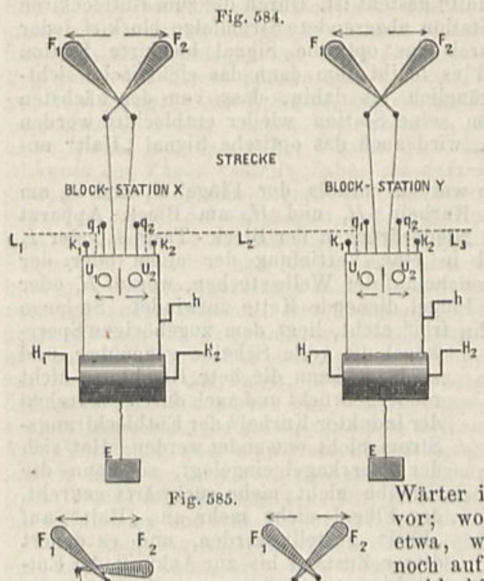
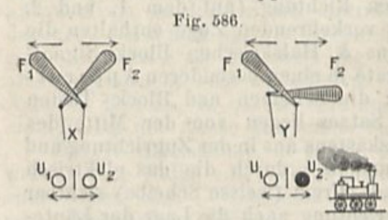


Fig. 585.

Bei Ankunft des Zuges in Y läutet der Wärter in Y auf der Leitung L_3 vor; wollte nun dieser Wärter etwa, während sein Flügel F_2 noch auf „Halt“ steht, X schon entblockiren, bevor der Zug bei Y passirt ist, so würde er dadurch nicht nur seine Scheibe U_2 roth, sondern auch seinen Flügel F_2 auf „Halt“ festmachen; er könnte dann dem etwas später ankommenden Zuge nicht mehr das Fahr-Signal geben, würde vielmehr von dem Zuge bei der falschen Signalisirung auf frischer That ertappt. Lässt dagegen Y vorschriftsmässig bei auf „Frei“ gestelltem Flügel F_2 den Zug vorüberfahren, stellt dann F_2 auf „Halt“ und entblockirt nun, so wird in X die Scheibe U_2 wieder weiss, in Y die Scheibe U_2 roth und der Flügel F_2 mechanisch festgemacht; diesen Zustand veranschaulicht Fig. 586.

Fig. 586.



Damit in besonderen Fällen (z. B. bei einer Zug-Ueberholung oder wenn Material- oder Bauzüge folgen u. s. w.) der Block-Stations-Vorstand im Stande ist, das sichtbare elektrische Signal mechanisch umzuändern und ein entsprechendes optisches Flügel-Signal zu stellen, sind auf der oberen Seite des Schutzkastens 2 versiegelte Klappen angebracht, die nach Abnahme der Siegel sich öffnen lassen, worauf dann das sichtbare elektrische Halt-Signal durch die Hand in das Frei-Signal umgeändert werden kann.

Bei jeder Umstellung einer Scheibe U, mag dieselbe mit der Hand oder durch elektrische Ströme bewirkt werden, ertönt gleichzeitig ein Läutewerk auf 2 neben einander stehenden Glocken zugleich, um den Wechsel in der Stellung des sichtbaren elektrischen Signals dem

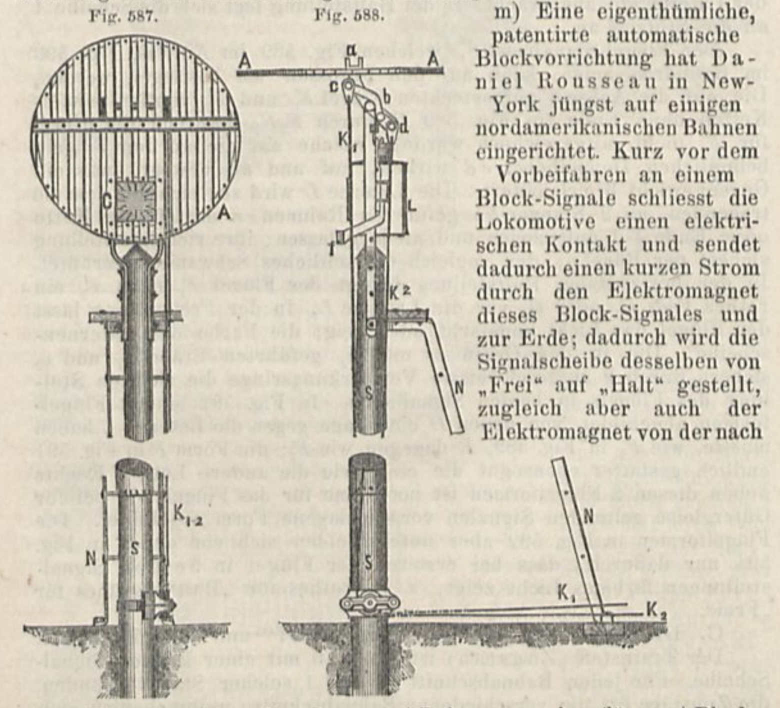
Ohre zu verkünden. Um (in der Beschreibung des Apparats) eine mögliche Verwechselung dieses Läutens mit dem Vorläuten zu verhüten, wurde dieses Läuten bisher nicht erwähnt. —

Die rothe und die weisse Scheibe desselben Fensters bilden ein Ganzes (Tableau, Bildscheibe) und sind am Rande mit einem Zahnbogen versehen, in den sich die beiden Lappen des auf der Achse eines polarisirten Elektromagnet-Ankers sitzenden Echappements abwechselnd einlegen, wenn eine Wechselstrom-Folge den Elektromagnet durchläuft. Dabei dreht sich dann die Bildscheibe um ihre Achse, indem sie bei der Drehung in dem einen Sinne (Verwandlung von Roth in Weiss) ihrem eigenen Gewichte, bei der Drehung im anderen Sinne einem durch das Niederdrücken der Blocktaste in Thätigkeit gesetzten Uebergewichte (oder einer Feder) folgt. (Vergl. Organ f. d. Fortschr. d. Eisenb.-Wes., 1874, S. 53 ff). —

l) J. S. Farmer und Tyer liessen sich neuerlichst (1874) eine Block-Signal-Einrichtung patentiren, bei der der Flügel am Mast für gewöhnlich durch ein Gegengewicht in der Stellung auf „Halt" erhalten wird; jeder Wärter kann seinen Flügel zwar zu „Frei" herunter lassen, doch bleibt derselbe in dieser Stellung nur so lange stehen, als der in der Zugrichtung nächstfolgende Wärter durch Schliessen eines elektrischen Stromkreises dies zulässt, bei dessen Unterbrechung der Flügel sofort wieder auf „Halt" in die Höhe geht; ebenso stellt sich bei jeder anderen beabsichtigten oder unbeabsichtigten Unterbrechung des Stroms der Flügel selbstthätig von „Frei" auf „Halt. —

m) Eine eigenthümliche, patentirte automatische Blockvorrichtung hat Daniel Rousseau in New-York jüngst auf einigen nordamerikanischen Bahnen eingerichtet. Kurz vor dem Vorbeifahren an einem Block-Signale schliesst die Lokomotive einen elektrischen Kontakt und sendet dadurch einen kurzen Strom durch den Elektromagnet dieses Block-Signales und zur Erde; dadurch wird die Signalscheibe desselben von „Frei" auf „Halt" gestellt, zugleich aber auch der Elektromagnet von der nach jenem Kontakte führenden (kürzeren) Leitung an eine (längere) Block-Leitung gelegt, welche erst ein Stück jenseits des nächsten Block-Signals

Fig. 587. Fig. 588.



endet, u. z. dort durch einen 2. Kontakt zur Erde geführt ist. Kommt nun der Zug zu diesem zweiten Kontakte, so sendet er abermals einen kurzen Strom nach dem ersten Blocksignal, stellt dadurch dessen Signal-Scheibe wieder auf „Frei“ und legt den Elektromagnet desselben wieder an die kürzere Leitung. Natürlich hat aber die Lokomotive vorher schon, vor dem Vorüberfahren am 2. Blocksignal, letzteres auf „Halt“ gestellt und damit den nun vom Zuge zu befahrenden Bahnabschnitt blockirt.

In den Fig. 587 u. 588 ist eine Signalscheibe, in Fig. 589 bis 592 aber ein Signalmast mit Flügeln abgebildet, welche 1874 von Siemens & Halske zur Benutzung bei deren später (unter 13) zu besprechendem Zentral-Signal- und Weichen-Stellapparaten konstruirt und, obwohl sie für diesen Zweck nicht mehr den Forderungen der Signalordnung entsprechen, noch ganz gut für Blockstationen auf freier Strecke brauchbar sind. Die Signalscheibe A ist an dem Träger a befestigt und durch diesen mit der horizontalen Achse b verbunden, letztere aber wird durch den fest auf ihr sitzenden Doppelhebel cd mittels der Kette ohne Ende K_1K_2 in Umdrehung versetzt. Durch die Kette K_1K_2 wird also die Scheibe A entweder in die Freistellung (Fig. 588) oder in die Haltstellung (Fig. 587) gebracht und bringt in letzterer ein in sie eingesetztes rothes Glas C vor die Laterne L, giebt also dann rothes Licht, während sie in der Freistellung das Licht der Laterne L unverändert lässt. An der hohlen gusseisernen Tragsäule S ist noch eine Leiter NN zum Aufstecken und Abnehmen der Laterne etc. angebracht. In der Haltstellung legt sich die Scheibe A an die Stütze f an.

Der Flügel-Signalmast S, welchen Fig. 589 im Aufriss, Fig. 590 im Grundriss zeigt, kann auf den Sprossen nn bestiegen werden. Die auf die Achse b aufgesteckten Flügel F_1 und F_2 werden mittels Ketten ohne Ende (in Fig. 589 F_1 durch K_1K_2, während die Kette für F_2 nicht mitgezeichnet wurde), welche auf die an den Flügeln befindlichen Doppelhebel cd wirken, auf und ab bewegt, was ein Gegengewicht W erleichtert. Die Laterne L wird zugleich mit dem sie tragenden, an 2 Stangen hh geführten Rahmen rr mittels der Kette ohne Ende XX aufgezogen und niedergelassen; ihre richtige Stellung sichert der Bügel y, der zugleich ein seitliches Schwanken verhütet. In der horizontalen Haltstellung bringt der Flügel F_1 oder F_2 ein rothes Glas G_1 oder G_2 vor die Laterne L, in der Freistellung lässt der Flügel das Licht ungefärbt oder zeigt die Farbe der Laternenscheibe. Die in den Oesen p_1 und p_2 geführten Stäbe q_1 und q_2 sichern durch 2 aufgeschweisste Verstärkungsringe die richtige Stellung des Flügels in beiden Signallagen. In Fig. 591 sind 3 Flügelformen abgebildet, von denen D eine Lage gegen die Laterne L haben musste, wie F_2 in Fig. 589, E dagegen wie F_1; die Form F in Fig. 591 endlich gestattet ebensogut die eine, wie die andere Lage. Rechts neben diesen 3 Flügelformen ist noch eine für das Flügelende bei für Gütergleise geltenden Signalen vorgeschlagene Form abgebildet. Die Flügelformen in Fig. 592 aber unterscheiden sich von denen in Fig. 591 nur dadurch, dass bei ersteren der Flügel in beiden Signalstellungen farbiges Licht zeigt, z. B. rothes für „Halt“, grünes für „Frei“.

C. Die Absperrung durch „Train-Staff“ und ähnliche Mittel.

Der Trainstaff (Zugstab) ist ein Stab mit einer kleinen Signal-Scheibe. Für jeden Bahnabschnitt ist nur 1 solcher Stab vorhanden, die Zugstäbe für die verschiedenen Bahnabschnitte unterscheiden sich durch Form, Farbe, Grösse u. s. w. Der Zugstab wird an dem, in einen

Bahn-Abschnitt einfahrenden Zuge befestigt und am Ende des Abschnittes wieder abgegeben, damit ihn der nächste rückwärts fahrende Zug erhalte. Diese Methode eignet sich besonders für eingleisige Bahnen mit schwachem Verkehr. Auf manchen englischen Bahnen, besonders auch in Indien und Amerika, wird der Train-Staff benutzt.

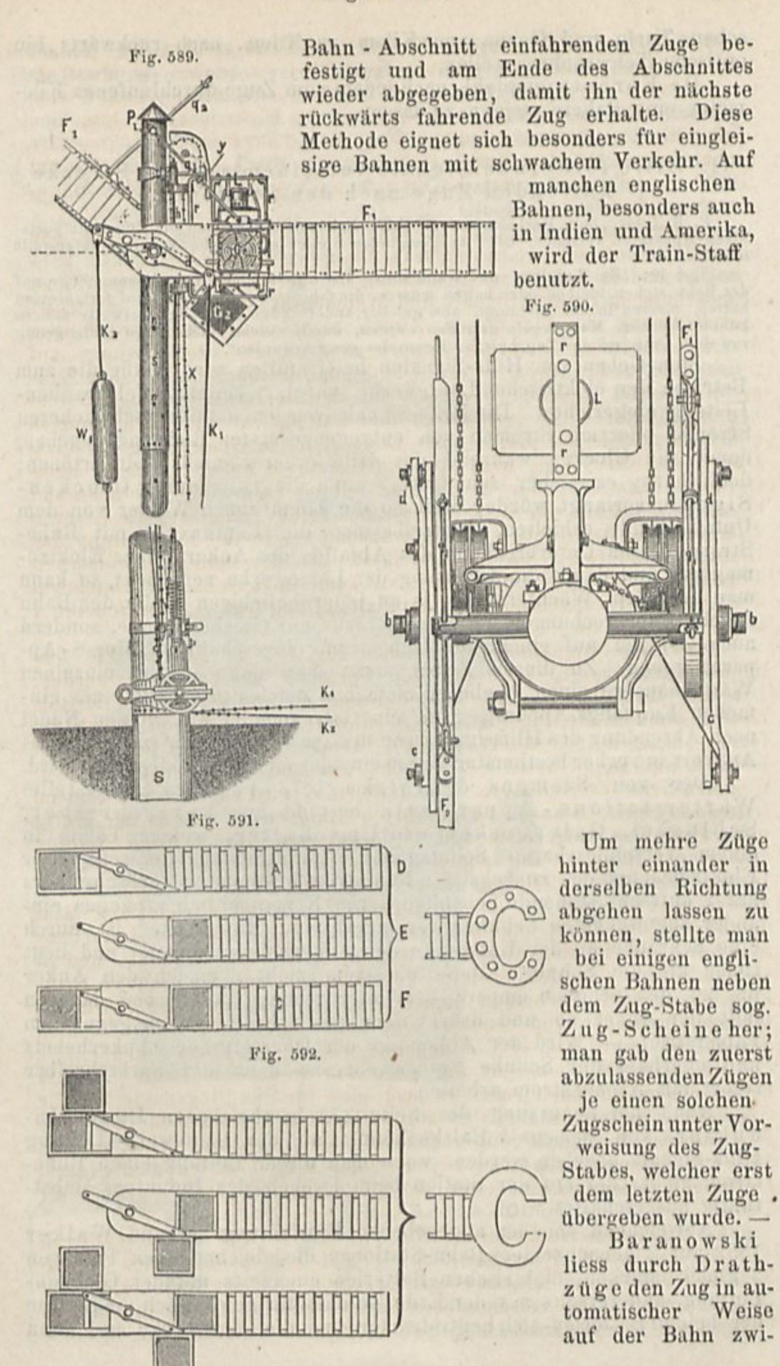


Fig. 589.

Fig. 590.

Fig. 591.

Fig. 592.

Um mehre Züge hinter einander in derselben Richtung abgehen lassen zu können, stellte man bei einigen englischen Bahnen neben dem Zug-Stabe sog. Zug-Scheine her; man gab den zuerst abzulassenden Zügen je einen solchen Zugschein unter Vorweisung des Zug-Stabes, welcher erst dem letzten Zuge übergeben wurde. — Baranowski liess durch Drahtzüge den Zug in automatischer Weise auf der Bahn zwi-

schen Turin und Genua von Kilom. zu Kilom. nach rückwärts hin optische Telegraphen stellen.

De Foresta empfahl, nach jedem vom Zuge durchlaufenen Kilometer eine Rakete steigen zu lassen. —

11. Hilfe fordernde Signale von einem auf der Strecke haltenden Zuge nach den Stationen.

P. R. § 44: „Zum Herbeirufen von Hilfs-Lokomotiven müssen die Züge mit portativen Apparaten versehen, oder an geeigneten Stellen elektrische Apparate aufgestellt sein“.

... § 49: „Bei Unfällen, und wenn sonst aus irgend einer Veranlassung Züge auf der Bahn stehen bleiben oder halten müssen, die fahrplanmässig ihren Lauf fortzusetzen hätten, müssen in der Richtung, aus welcher andere Züge sich möglicherweise nähern könnten, sichere Maassregeln getroffen werden, durch welche solche Züge zeitig genug von dem Orte, wo der Zug hält, in Kenntniss gesetzt werden“. —

Zum Geben von Hilfs-Signalen bei Unfällen wird häufig die zum Betriebe der elektrischen Läutewerke (vergl. 2) benutzte Telegraphen-Leitung eingerichtet. Die Hilfs-Signale werden dann mit schwächeren Strömen oder mit Strömen von entgegengesetzter Richtung gegeben, damit die Glocken während des Hilfeforderns nicht mit ertönen; doch hätte es sicher sein Gutes, wenn die Hilfe durch Glocken-Signale verlangt würde, weil so die sämmtlichen Wärter von dem Unfall Kunde erhielten. Betreibt man die Läutewerke mit Ruhe-Strom, dessen Unterbrechung das Abfallen des Ankers eines Elektromagnets und damit die Auslösung der Läutewerke veranlasst, so kann man an jedem Wächterhause, ja an jeder beliebigen Stelle der Bahn durch Unterbrechungen des Stroms nicht nur Glockensignale, sondern auch Zeichen auf einem für Ruhestrom eingeschalteten Morse-Apparat geben. Zu diesem Zweck stellt man dann in den einzelnen Wärterhäusern einen möglichst einfachen Zeichengeber und einen einfachen Empfangs-Apparat, z. B. ein Galvanometer auf, dessen Nadel nach Absendung des Hilfssignals von der um Hilfe ersuchten Station als Antwort in vorher bestimmter Weise ein oder mehre Mal abgelenkt wird.

Der von Siemens & Halske 1873 in Wien ausgestellte Wärterstations-Apparatsatz bestand aus Farbschreiber, Schlüssel, Galvanoskop und Umschalter, welche Theile in einem verschliessbaren Schutzgehäuse untergebracht waren. Der Elektromagnet des zunächst für Ruhestrom bestimmten Farbschreibers hat 2 aufrecht stehende Schenkel, deren Kerne seitlich zu gegen einander zugewendeten Schuhen verlängert sind. Der Anker ist durch eine Schraube an der Unterseite des Ankerhebels befestigt und liegt tiefer als die Schuhe. Der Ruhestrom zieht demnach den Anker bis zu den Schuhen empor; bei Unterbrechung des Stroms dagegen fällt der Anker ab und drückt dann das Schreibrädchen gegen den Papierstreif. — Wird der Anker an der Oberseite des Ankerhebels und oberhalb der Schuhe festgemacht, so kann der Farbschreiber sofort mit Arbeitsstrom arbeiten.

Auch bei Benutzung des Seite 372 beschriebenen Läute-Induktors von Siemens & Halske können auf der Läutewerks-Leitung Hilfs-Signale gegeben werden, wenn man dieser Leitung einen Ruhestrom giebt, der auf der Station beim Drehen des Induktors selbstthätig ausgeschaltet wird.

Abweichend von der angegebenen Einrichtung verband Walker 1852 auf 2 benachbarten Bahn-Stationen die gleichnamigen Pole von 2 gleich starken, elektrischen Batterien einerseits mit der Glocken-Leitung, andererseits mit der Erde, so dass für gewöhnlich die Ströme der beiden Batterien sich neutralisirten und die Läutewerke erst dann

ertönten, wenn an irgend einem Zwischenorte die Leitung mit der Erde verbunden wurde (vergl. Dingler: Polytechnisches Journal, Bd. 146, S. 401). —

Fig. 593.

Fig. 594.

Eine ähnliche Einrichtung bestand zeitweilig auf der Hannov. Staatsbahn; es waren aber hier in den Glocken-Buden besondere Hilfs-Signal-Geber angebracht; dieselben hatten 2, mit dem Namen der beiden Nachbar-Stationen bezeichnete Schlüssellöcher; wurde in das eine oder andere der zugehörige Schlüssel eingesteckt und umgedreht, so erhielt blos die an diesem Schlüsselloche markirte Station die Hilfs-Signale, die andere Nachbar-Station dagegen nicht, weil die nach der ersteren führende, mit Siemens'schen Induktoren betriebene Glocken-Leitung durch den Schlüssel mit der Erde verbunden wurde, die nach der anderen führende aber unterbrochen blieb.

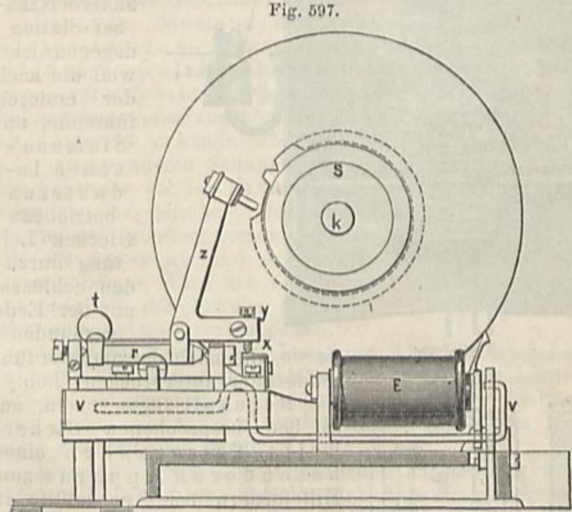
Fig. 595. Fig. 596.

Regnault fügte seinen, auf S 386 besprochenen Sicherheits-Telegraphen einen besonderen Apparat zum Hilfefordern bei; er stellte in Entfernungen von je 400m je ein Galvanometer auf, dessen Nadel bei der Ablenkung aus der Ruhe-

lage links und rechts an eine Glocke anschlug, und einen Zeichengeber, dessen Kurbel bei einmaliger Umdrehung mittels einer, auf ihre Achse gesteckten, gefurchten Scheibe und eines von letzterer bewegten Kontakt-Hebels den die Nadeln ablenkenden Ruhestrom ein oder mehre Mal unterbrach bezw. wiederherstellte, so dass der um Hilfe ersuchten Station in der Zahl der Nadel-Ablenkungen auch gleichzeitig eine Meldung darüber zuging, von welchem Apparat die Hilfe verlangt wurde. Die Station beantwortete das Hilfs-Signal mit einem Nadel-Ausschlag nach der anderen Seite, infolge Umkehrung der Stromrichtung.

C. Frischen brachte 1855 an den Läutewerken der Hannov. Bahnen messingene Schliessungs-Räder *S* (Fig. 594) mit einer aufschleifenden Unterbrechungs-Feder *h* an. Wurde bei einem Unglücksfall ein Läutewerk durch die Hand in Gang gesetzt, so legte sich die Feder nach und nach in sämmtliche Ausschnitte des Schliessungs-Rades ein und unterbrach dadurch bei jedem Umlaufe dieses Rades den Ruhestrom in der Leitung so oft und in solchen Zwischenräumen, dass aus den dabei auf Morse-Apparaten niedergeschriebenen Punkten und Strichen die Nummer der betr. Wärter-Station erkannt werden konnte. In Fig. 593 sind die Schliessungs-Räder beispielsweise für die Buden No. 10, 11, 17 und 21 angegeben; Fig. 594 zeigt die ganze Anordnung. Damit ein Hilfs-Signal nicht etwa durch Zufall oder Bosheit gegeben werde, wurde in jeder Glocken-Bude in einem verschlossenen Gehäuse (Fig. 595) ein einfacher Umschalter angebracht; die Feder *h* und Schliessungs-Scheibe *S* lagen für gewöhnlich nicht in der, einen Blitzableiter *B* enthaltenden Leitung $L_1 abcdef L_2$, sondern wurden erst durch Umlegung der 2 Messing-Schienen des Umschalters (Fig. 596) in den Stromkreis eingeschaltet, so dass dann $L_1 abcg ThSk def L_2$ der Stromweg wurde. Dabei waren die später gebauten Läutewerke dieser Art zwischen *g* und *h* mit einem gewöhnlichen Taster *T* zur Unterbrechung des Ruhestroms ausgerüstet, um von der Glockenbude aus den Nachbar-Stationen auch jede beliebige Nachricht senden zu können.

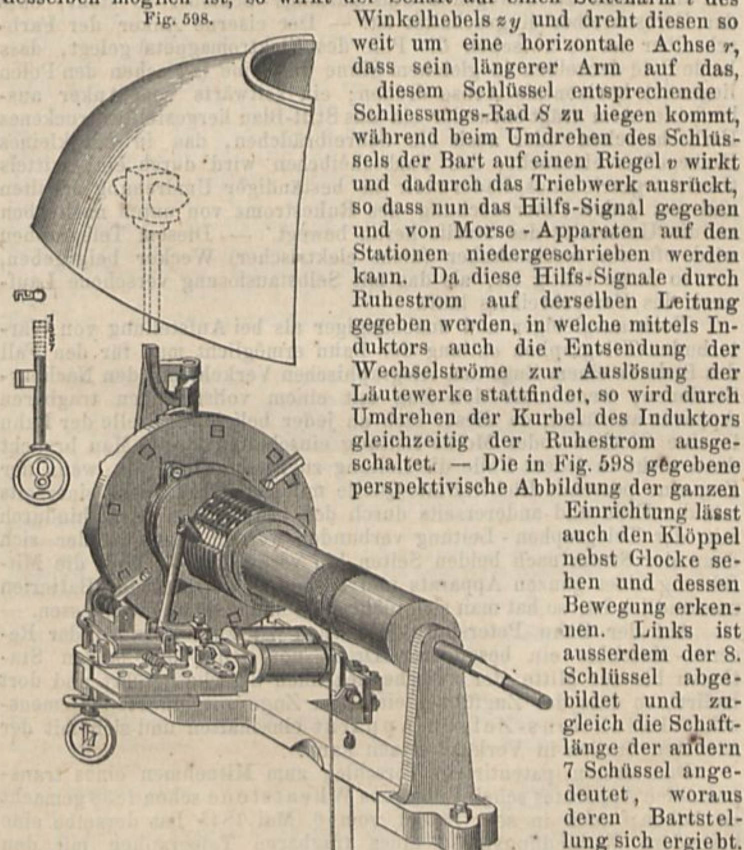
Fig. 597.



Die Kaiser-Ferdinands-Nordbahn hat ihren, S. 376 schon erwähnten, mit Registrir-Vorrichtung versehenen Glocken-Signal-Apparaten den Spieldosen ähnelnde mechanische Signal-Geber hinzugefügt, mittels deren auch ein des Telegraphirens Unkundiger die Noth-Signale geben kann, indem er nach dem Einstellen eines Zeigers auf das abzusendende Noth-Signal das Federwerk durch eine Schnur aufzieht, wonach der Signal-Geber das Signal in selbstthätiger Weise regelrecht abspielt. —

Die neueste (1872 patentirte) Hilfs-Signal-Einrichtung wird von Siemens & Halske nach den Angaben des Ingenieurs v. Hefner-Alteneck gebaut. Dieselbe befindet sich mit einem Blitzableiter und einem Ein-Rad-Läutewerke mit Wechselstrom-Auslösung zusammen in einer Läute-Säule (vergl. Fig. 574 u. 575). Auf die Achse *k* (Fig. 597) des Ein-Rad-Läutewerks sind 8 Schliessungs-Räder *S* aufgesteckt, deren Umfang entsprechend verschieden gestellte Vorsprünge und Einschnitte hat. Der in der Leitung und dem Elektromagnet *E* vorhandene galvanische Ruhestrom ist geschlossen, so lange der längere Arm *z* eines Winkelhebels in einem jener Einschnitte liegt, indem dabei der den Kontakt herstellende kürzere Arm *y* auf seinem Ambos *x* aufliegt; er wird abgehoben, sobald der längere Arm auf einen Vorsprung aufläuft. Für gewöhnlich, d. h. bei geschlossener Leitung, ruht dieser auf der Achse *k* neben den Schliessungs-Rädern. 8 Schlüssel sind mit den zu gebenden 8 Hilfs-Signalen bezeichnet; die Schlüssel unterscheiden sich nur durch den ungleichen Stand ihrer Bärte. Wird ein Schlüssel so weit eingeführt, dass eine Umdrehung desselben möglich ist, so wirkt der Schaft auf einen Seitenarm *t* des Winkelhebels *zy* und dreht diesen so weit um eine horizontale Achse *r*, dass sein längerer Arm auf das, diesem Schlüssel entsprechende Schliessungs-Rad *S* zu liegen kommt, während beim Umdrehen des Schlüssels der Bart auf einen Riegel *v* wirkt und dadurch das Triebwerk ausrückt, so dass nun das Hilfs-Signal gegeben und von Morse-Apparaten auf den Stationen niedergeschrieben werden kann. Da diese Hilfs-Signale durch Ruhestrom auf derselben Leitung gegeben werden, in welche mittels Induktors auch die Entsendung der Wechselströme zur Auslösung der Läutewerke stattfindet, so wird durch Umdrehen der Kurbel des Induktors gleichzeitig der Ruhestrom ausgeschaltet. — Die in Fig. 598 gegebene perspektivische Abbildung der ganzen Einrichtung lässt auch den Klöppel nebst Glocke sehen und dessen Bewegung erkennen. Links ist ausserdem der 8. Schlüssel abgebildet und zugleich die Schaftlänge der andern 7 Schüssel angedeutet, woraus deren Bartstellung sich ergiebt.

Fig. 598.



Um Zugführer oder Aufsichts-Personal zu befähigen, im Bedürfnissfalle auch von den Wärterbuden aus mit benachbarten Stationen

in telegraphischen Verkehr zu treten, haben mehre Bahn-Verwaltungen die von Siemens & Halske seit 1872 gebauten, nur für vorübergehenden Dienst bestimmten Wärterbuden-Telegraphen eingeführt. Bei diesen sind die sämmtlichen zusammengehörenden Apparate in einem hölzernen Gehäuse eingeschlossen, das zum vollständigen Auseinanderschlagen eingerichtet ist, wobei die Gehäuse-Thür zum Schreibpulte wird. Die untere Thürhälfte ist nämlich doppelt; der innere Theil hat blos die halbe Höhe und trägt oben eine horizontale Achse, um welche der äussere Theil um 90° niedergeklappt wird. Beim Schliessen des Kastens legt sich eine an der Thür befindliche Metall-Schiene an 2 Federschluss-Klemmen an und schaltet dadurch den Apparat, unter Herstellung eines kurzen Schlusses, aus der Linie aus. Beim Oeffnen wird der kurze Schluss durch die Federn beseitigt. — Bei einer anderen Einrichtung des Kastens schalten sich die Apparate durch Oeffnen und Schliessen desselben nicht selbstthätig ein und aus, dies muss vielmehr mit der Hand geschehen; es darf dann aber der Kasten nicht geschlossen werden können, so lange der mit der Hand zu bewegende Umschaltungs-Schieber so steht, dass der Farbschreiber eingeschaltet ist. — Der eiserne Anker der Farbschreiber ist so zwischen die Pole des Elektromagnets gelegt, dass beide Pole denselben in gleichem Sinne um seine (zwischen den Polen liegende) horizontale Achse drehen; ein seitwärts vom Anker auslaufender Arm trägt entweder ein aus Stift-Blau hergestelltes trockenes Farbscheibchen oder auch ein Schreibrädchen, das in ein kleines Farbegefäss eintaucht; das Farbscheibchen wird durch ein, mittels Gewicht getriebenes Räderwerk in beständiger Umdrehung erhalten und bei jeder Unterbrechung des Ruhestroms von unten nach oben an die Unterseite des Streifs heran bewegt. — Diesem Telegraphen wird oft ein mechanischer (nicht elektrischer) Wecker beigegeben, der so lange thätig ist, als das mit Selbstauslösung versehene Laufwerk des Farbschreibers läuft. —

Noch ausgiebiger und unabhängiger als bei Aufstellung von Wärterbuden-Telegraphen entlang der Bahn ermöglicht man für den Fall des Bedarfs einem Zuge den telegraphischen Verkehr mit den Nachbar-Stationen, wenn man den Zug mit einem vollständigen tragbaren Apparat ausrüstet, da dieser sich an jeder beliebigen Stelle der Bahn in eine Glocken- oder Morse-Leitung einschalten lässt. Man braucht dazu nicht in jedem Falle die Leitung zu zerschneiden, da, wenn der Zug eine passende Elektrizitäts-Quelle mit sich führt, diese einerseits mit der Erde und andererseits durch den tragbaren Apparat hindurch mit der Telegraphen-Leitung verbunden werden kann, in der sich dann der Strom nach beiden Seiten hin verzweigt. — Weil die Mitführung eines ganzen Apparats und besonders galvanischer Batterien umständlich ist, so hat man sich nicht eben häufig dazu entschlossen. —

Auf der Bahn Petersburg-Warschau ist zum Fordern der Reserve-Maschine ein besonderer Draht von jeder der beiden Stationen bis zur Mitte der zwischenliegenden Strecke geführt und dort isolirt, so dass der Zugführer einen im Zuge mitgeführten Siemensschen Induktions-Zeiger-Apparat einschalten und sich mit der nächsten Station in Verkehr setzen kann.

Den ersten (patentirten) Vorschlag zum Mitnehmen eines transportablen Apparates scheint übrigens Wheatstone schon 1838 gemacht zu haben; auch in sein Patent vom 6. Mai 1845 hat derselbe eine besondere Verbindungsweise eines tragbaren Telegraphen mit den Leitungs-Drähten aufgenommen. Inzwischen hatte auch Bain (1841) die Benutzung eines tragbaren Telegraphen angeregt; später Brett

(1850). In Deutschland gingen ähnliche Vorschläge von Fardely, Steinheil, Stöhrer (mit Induktions-Apparat), W. Gintl (1849 mit Bain'schem Nadel-Telegraphen) u. A. aus; in Frankreich trat 1848 Bréguet mit einem tragbaren (Zeiger-) Telegraphen auf.

In Wien hatten 1873 Siemens & Halske verschiedene tragbare Telegraphen ausgestellt, die jedoch zunächst nicht für den Eisenbahn-Betrieb bestimmt waren. Von den 3 für Morse-Schrift eingerichteten Apparaten wird der kleinere auf der indo-europäischen Telegraphen-Linie verwendet; er enthält einen transportablen Farbschreiber und eine an den Telegraphen-Stangen zu befestigende Einschalt-Vorrichtung, mittels deren der Apparat z. B. in eine Glocken-Leitung eingeschaltet werden kann. Der Farbschreiber besitzt kein Laufwerk, der Streif wird vielmehr mit der Hand bewegt. — Bei dem 2., in Russland gebräuchlichen Apparat-Satz ist der Farbschreiber nebst Schlüssel und Galvanoskop in einen Kasten eingeschlossen, und der Streif wird durch eine Schneide am Ankerhebel gegen das von einer Farb-Walze mit Farbe gespeiste Farbscheibchen bewegt. — Der 3. Apparat-Satz, ebenfalls mit Einschalte-Vorrichtung versehen, hat einen Farbschreiber für flüssige Farbe, dessen Farbegefäss abgetrennt werden kann und während des Transportes, durch eine Lederklappe verschlossen, am Kasten befestigt wird.

Ausser diesen 3 Apparaten hatten Siemens & Halske in Wien noch einen für die Zwecke der Kriegführung bestimmten tragbaren elektro-magnetischen Zeiger-Telegraphen ausgestellt. — Auch die österr. Staats-Telegraphen-Verwaltung hatte 1873 einen tragbaren Apparat-Satz ausgestellt, der aus Boussole, Taster und Relais bestand; der Relais-Hebel schlug an eine Glocke an, um auch hörbare Zeichen zu geben. —

Für besondere Umstände, z. B. bei Schneeverwehungen, Beschädigungen der Gleise u. s. w., könnte es sich empfehlen, auch das Strecken-Aufsichts-Personal mit tragbaren Apparaten auszurüsten.

12. Von dem Zugpersonal und von den Fahrenden gegebene Signale.

P. R. § 42: „Die Zugführer, Schaffner und Bremser müssen das Signal zum Halten an den Lokomotivführer geben können".

... § 43: „Die Lokomotivführer müssen folgende Signale geben können: 1) Achtung geben! — 2) Bremsen anziehen! — 3) Bremsen loslassen!

... § 48. „Zur Verständigung zwischen Zugpersonal und Lokomotivführer soll bei allen Zügen eine mit der Dampfpfeife der Lokomotive oder mit einem Wecker an der Lokomotive verbundene Zugleine oder eine andere geeignete Vorrichtung angebracht sein, welche bei Personen-Zügen über den ganzen Zug, bei gemischten Zügen über sämmtliche besetzte Personen-Wagen, und bei Güterzügen mindestens bis zum wachthabenden Fahr-Beamten geführt sein muss."

S. O. IV. Signale des Zugpersonals. Die akustischen Signale des Zug-Personals sind zu geben wie folgt:

a) mit der Dampfpfeife:

24. Achtung geben (Achtungs-Signal).	1 mässig langer Pfiff: ——
25. Bremsen anziehen.	3 kurze Pfiffe schnell hintereinander: ◡ ◡ ◡
26. Bremsen loslassen.	2 mässig lange Pfiffe schnell hintereinander: —— ——

Neben den vorgeschriebenen, mit der Dampfpfeife (dem Horn, auch wohl mit Glocke) zu gebenden akustischen Signalen und etwaigen optischen oder akustischen Hand-Signalen hat man sich vielfach um die Herstellung eines telegraphischen Verkehrs der Zug-

26*

Beamten untereinander, bezw. zwischen den Reisenden und den Zug-Beamten bemüht. Zum Theil geschah dies auf Anregung der Regierungen, auf den preuss. Bahnen z. B. infolge des Erlasses des Minist. f. Handel u. s. w. vom 26. Januar 1869, auf den engl. Bahnen infolge Parlaments-Beschlusses v. April 1869.

Den ersten hierher gehörigen Versuch machte (nach Anstellung von Vor-Versuchen durch Brett und Little, 1846) Bréguet, der die einzelnen Wagen durch Leitungs-Kettchen verband und dadurch einen Stromkreis für Ruhe-Strom herstellte, durch dessen Unterbrechung beim Losreissen eines Zugtheils ein Lärm-Signal gegeben wurde. Allein der Apparat war in der Handhabung unbequem und arbeitete insofern mangelhaft, als infolge der Stösse oft ohne Noth Lärm geschlagen wurde. Ein Vorschlag dazu wurde 1842 Cooke patentirt.

Mit besserem Erfolg bildete im Jahre 1853 Hermann, Ingenieur der Orleans-Bahn, aus je 2 Guttapercha-Drähten auf jedem Wagen und aus den Kuppelketten der Wagen einen Ruhestrom-Kreis, der entweder beim Reissen einer Kette oder beim Niederdrücken von Tasten seitens der Zugbeamten unterbrochen wurde und der dann Lärm-Signale beim Zugführer ertönen liess.

Im Jahre 1854 verwendete Gluckmann Drähte, die unter den Wagen lagen, mit Ruhe- oder Arbeits-Strom, während wenig später Mirand in Paris ein getheertes Band mit 3 Leitungs-Drähten von der Lokomotive aus über den Zug ausspannte und in die hierdurch gebildeten Stromkreise eine Lärmglocke und eine zweite Glocke zum Telegraphiren einschaltete.

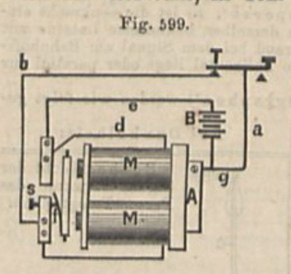
Prudhomme, dessen Einrichtung auf mehren französ. Bahnen Eingang fand, verband im Jahre 1866 einen einzigen Leitungs-Draht mit dem negativen Pol mehrer, im Zuge aufgestellter Batterien so, dass beim Zerreissen des Zuges der Draht sich auf einen mit den Wagenrädern verbundenen Bolzen auflegte, wodurch eine Verbindung mit der Erde hergestellt wurde und der Strom der mit dem positiven Pol bleibend zur Erde abgeleiteten Batterien die Lärmglocke ertönen liess.

Auch mechanische, hydraulische und pneumatische Vorrichtungen sind für den vorliegenden Zweck in Vorschlag gebracht worden; hydraulische z. B. von A. Bird in Birmingham (Dingler's Polytechn. Journal, Bd. 135, S. 327). Pneumatische Vorrichtungen wurden vom Novemb. 1869 bis März 1870 auf den Kourier-Zügen Berlin-Köln benutzt. —

Die Vorrichtungen, deren sich Reisende im Nothfalle bedienen sollen, sind meist (z. B. auf einigen englischen Bahnen) für gewöhnlich durch ein Glas oder eine Papierhülle unzugänglich gemacht und erst durch Zerstörung der Hülle zu erreichen. Von Siemens & Halske war 1873 in Wien ein Zug-Signal-Apparat ausgestellt, der folgende Einrichtung hatte: Eine straff gespannte Leine läuft an der Innenseite der Decke der Wagen zwischen 2 Leisten hin, die mit Papier überklebt sind; in jedem Koupé fällt ein kurzes Stück der Leisten aus, an welcher Stelle die Leine von der Seite erfasst werden kann; durch einen kräftigen Ruck an der Leine wird an beiden Enden des Wagens ein in horizontaler Lage arretirter Flügel ausgelöst und in aufrechte Stellung gebracht, ausserdem ein Ruhestrom unterbrochen und dadurch ein elektrischer Wecker mit Selbst-Unterbrechung eingeschaltet. Dieser Ruhestrom der Batterie *B* (Fig. 599) geht über *e* und *d* durch die Windungen des Wecker-Elektromagnetes *M* und dann zu einer Stellschraube *s*, an die sich der Anker *f* in seiner Ruhelage anlegt, so dass bei der Unterbrechung

des Stroms (z. B. mittels des Tasters T) der abfallende Anker f für s, b, T, a, g einen anderen Schluss (s, f, Apparat-Gestell A, g) der Batterie B herstellt, in dem der Anker selbst mit eingeschaltet liegt. —

Fig. 599.



Mehrfach hat man versucht, auf dem Zuge ausgesteckte optische Signale dem Lokomotivführer durch Spiegel sichtbar zu machen, jedoch ohne günstigen Erfolg. Zu ähnlichem Zweck ist z. B. auf der Leipzig-Dresdener Bahn schon 1838 eine besondere Zug- oder Tender-Wache eingerichtet worden. — Das 1873 von Neydhardt ausgestellte Passagier-Signal bestand in einer Fahne, die durch einen Ruck an einem an der Wagendecke hängenden Ringe entfaltet werden sollte. Auch dadurch, dass man die gewöhnliche Zugleine den Fahrenden zugänglich machte, hat man in vielen Fällen den vorliegenden Zweck zu erreichen gesucht (Berlin-Stettiner Bahn u. a.). — Vorschläge zu akustischen Signalen liegen mehrfach vor, z. B. Anbringung von Geschossen auf dem Wagendache (vergl. z. B. Schimanowsky, Stephens; Telephon: Taylor 1846).

13. Deckungs-Signale für den in einen Bahnhof einfahrenden Zug.

P. R. § 1: „Die Bahnhöfe sind durch Signale geschlossen zu halten und nur für die Einfahrt der Züge zu öffnen."

... § 36: „Die von Zügen zu befahrenden Gleise müssen auf der freien Strecke mindestens $\frac{1}{4}$ Stunde vor der Ankunft, auf Bahnhöfen vor Ertheilung der Erlaubniss zum Einfahren von allen Fahrzeugen geräumt sein."

... § 46: „Die jedesmalige Stellung der Weichen in den Hauptgleisen der Bahnhöfe muss dem Lokomotivführer auf 150^m kenntlich sein. Die dazu dienenden Zeichen müssen durch die Bewegung der Weichenzungen gestellt werden." ... „Bevor das Signal zur Ein- oder Durchfahrt für den ankommenden Zug gegeben wird und vor der Abfahrt eines jeden Zuges ist nachzusehen, ob die Stränge, welche der Zug zu durchlaufen hat, frei und die betreffenden Weichen richtig gestellt sind (s. § 1 Al. 2). Auf denjenigen Stationen, auf welchen eine Verbindung des Wärterpostens am Bahnhofs-Abschluss-Telegraphen mit der Station durch elektrische Block-Apparate oder Sprech-Apparate oder auf irgend einem anderen, mechanischen oder elektrischen Wege nicht besteht, sind von dem diensthuenden Stations-Beamten für die Einfahrt der Züge optische Signale am Telegraphen-Mast zu geben."

... § 47: „Die Stellung der Ausgussröhren der Wasser-Krahne soll im Dunkeln kenntlich gemacht sein."

S. O. II: Signale vor und auf den Bahnöfen.

b) Die optischen Signale am Bahnhofs-Abschluss-Telegraphen sind folgende:

	Bei Tage.	Bei Dunkelheit.
13. Einfahrt ist gesperrt.	Der Telegraphen-Arm muss nach rechts wagerecht gestellt sein.	Die Signal-Laterne am Telegraphenmaste zeigt nach Aussen rothes Licht und nach Innen (dem Bahnhofe zugekehrt) grünes Licht.
14. Einfahrt ist frei.	Der Telegraphen-Arm muss schräg rechts nach oben gerichtet sein (unter einem Winkel von etwa 45°).	Die Signal-Laterne am Telegraphenmast zeigt nach Aussen grünes Licht und nach Innen (dem Bahnhofe zugekehrt) weisses Licht.

15. In einer Entfernung von 600 bis 1000m vor dem Bahnhofs-Abschluss-Telegraphen ist auf Erfordern der Aufsichts-Behörde ein Vor-Signal in automatischer Verbindung mit dem ersteren aufzustellen. Dasselbe soll aus einer um eine Achse drehbaren runden Scheibe bestehen, in deren Mitte eine Laterne sich befindet. Zeigt der Bahnhofs-Abschluss-Telegraph das Signal „Einfahrt gesperrt", so ist die senkrecht stehende volle runde Scheibe und bei Dunkelheit die in derselben befindliche Laterne mit grünem Licht dem kommenden Zuge zugekehrt, während bei dem Signal am Bahnhofs-Abschluss-Telegraphen „Einfahrt frei" die Scheibe horizontal liegt oder parallel zur Bahn-Linie steht — die Laterne weisses Licht zeigt.

c) Die optischen Signale am Perron-Telegraphen*) werden wie folgt gegeben:

	Bei Tage:	Bei Dunkelheit:
Ein zur Ein- oder Durchfahrt zugelassener Zug soll halten.	Rechtsseitiger Telegraphen-Arm des Perron-Telegraphen wagerecht gestellt.	Rothes Licht der Signal-Laterne des Perron-Telegraphen.
Der Zug darf einfahren.	Rechtsseitiger Telegraphen-Arm des Perron-Telegraphen schräg nach oben gerichtet (unter einem Winkel von etwa 45°).	Grünes Licht der Signal-Laterne des Perron-Telegraphen.

d) Die optischen Signale an den Wasserkrahnen:

Der Ausleger des Wasser-Krahns ist am Ausgusse desselben bei Dunkelheit mit einer Signal-Laterne zu versehen.

		Bei Tage	Bei Dunkelheit
16	Der Ausleger des Wasser-Krahns lässt die Durchfahrt frei.	Der Ausleger steht parallel zur Richtung des Gleises.	Weisses Licht der auf dem Ausleger des Wasser-Krahns befindlichen Signal-Laterne.
17.	Der Ausleger des Wasserkrahns sperrt die Durchfahrt.	Der Ausleger steht quer (winkelrecht zur Richtung des Gleises).	Rothes Licht der auf dem Ausleger des Wasser-Krahns befindlichen Signal-Laterne.

(Oesterreichische Signal-Vorschrift § 35: Jedes Stations-Deckungs-Signal hat, wenn es zur Beleuchtungszeit unbeleuchtet angetroffen wird, als Halt-Signal zu gelten.)

In Folge des lebhaften Verkehrs auf den Bahnhöfen sind die Züge beim Einfahren in die Stationen am meisten Gefahr ausgesetzt. Theils zu grösserer Betriebs-Sicherheit, theils um in den Zeiten, die zwischen der Ankunft von Zügen liegen, die Bahnhöfe zum Rangiren u. s. w. benutzen zu können, wird bei deutschen Bahnen der Bahnhof für gewöhnlich durch vom Zuge aus wahrnehmbare Signale (Deckungs-, Absperr-, Abschluss- oder Einfahrts-Signale) geschlossen gehalten. Georg Stephenson richtete solche Signale schon zu Anfang der 30er Jahre auf der Liverpool-Manchester-Bahn ein. In den Bahnhöfen ist ferner für ankommende Züge durch Stellung von Weichen und Drehscheiben die Bahn meist erst herzustellen oder frei zu machen, und daher muss dem Lokomotivführer die Stellung der Weichen und

*) Der Perron-Telegraph dient zum Geben von Befehlen Seitens des Stations-Chefs an den Signalwärter am Bahnhofs-Eingange, falls keine anderen (elektrischen) Signal-Einrichtungen vorhanden sind. — Die Arme (Flügel) des Bahnhofs-Abschluss-Telegraphen müssen sich von den in Fig. 592 abgebildeten dadurch unterscheiden, dass sie in der Haltstellung auch vor die Rückseite der Laterne eine (grüne) Blende bringen.

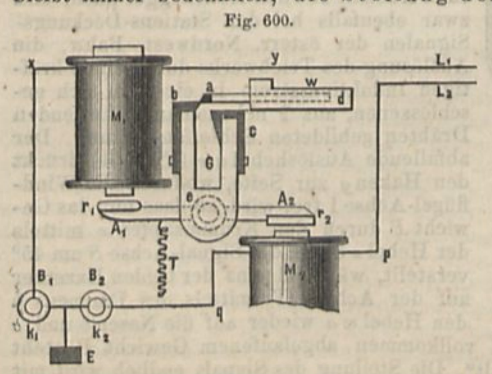
Drehscheiben und etwaiger Fahrthindernisse, wie z. B. der Wasser-Krahne, durch weithin sichtbare Signale kund gegeben werden. Es sollte sogar dafür gesorgt werden, dass dem Zuge die Einfahrts-Erlaubniss nicht eher ertheilt werden kann, bis die richtige Fahrstrasse für ihn hergestellt ist und das Unverändert-Bleiben dieser Fahrstrasse und ihre Absperrung für andere Züge und Zugtheile während der Dauer der Einfahrt gesichert ist. Es ist von Wichtigkeit, dass die Signale für den ganzen Bahnhof von einer einzigen Person und von ein und derselben Stelle aus gegeben werden, damit Signale, welche sich widersprechen, vermieden werden. Andererseits ist jedoch auch zu beachten, dass beim Festhalten an dieser Forderung auf einen einzelnen Beamten ein unter Umständen übergrosses Maass von Verantwortlichkeit fällt, während das übrige Personal nur in rein mechanischer Weise und ohne Verantwortlichkeit handelt.

Da die Aufgabe der Stations-Deckungs-Signale eine ähnliche wie jene der in (9) und (10) besprochenen Deckungs-Signale für die freie Bahn ist, so zeigen die betr. Signal-Mittel eine gewisse Uebereinstimmung. Der Stations-Vorstand ertheilt dem nahenden Zuge die Einfahrts-Erlaubniss durch mit farbigen Blenden für die Laternen ausgerüstete Wendescheiben oder Flügel, deren jeweilige Stellung durch elektrische Ströme unmittelbar oder mittelbar veranlasst, vielfach auch durch elektrische Ströme von der Stellung der Weichen u. s. w. abhängig gemacht wird.

Schreibt man vor, dass bei verbotener Einfahrt der Zug noch vor dem nur 50 bis 250^{m}, unter ungünstigen Umständen bis 500^{m} von der Endweiche entfernten Deckungs-Signal halten soll, so empfiehlt es sich, vor letzterem noch ein Langsam-Fahr-(Avertirungs-) Signal aufzustellen; lässt man dagegen den Zug zwischen Deckungs-Signal und der nicht unter 500^{m} entfernten Endweiche regelmässig halten, so wird er durch das Avertirungs-Signal gegen einen nachfolgenden Zug gedeckt. Unzuverlässig ist es, die Weisung zur Stations-Deckung durch optische Signale mittels des Perron-Telegraphen oder des Stations-Signal-Mastes an die Wärter beim Deckungs-Signal zu befördern.

Werden die Deckungs-Signale mittelbar oder unmittelbar durch elektrische Ströme gestellt, so müssen sie bei jedem Versagen der Elektrizitäts-Quelle und bei Störungen in der Leitung sich von selbst auf „Halt“ stellen; dieselben müssen ferner dem Einflusse der atmosphärischen und tellurischen Elektrizität entzogen werden, und es bleibt immer bedenklich, die Stellung der Signale durch einzelne Ströme oder Strom-Unterbrechungen in einer einzigen Draht-Leitung zu bewirken. Weit zuverlässiger erfolgt die Signal-Stellung durch eine grössere Reihe von Wechselströmen.

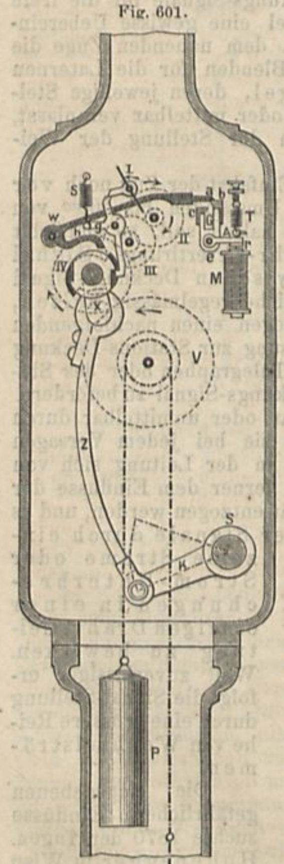
Fig. 600.



Die angegebenen gefährlichen Einflüsse suchte 1870 der Ingen. Hohenegger in Wien in Gemeinschaft mit dem Telegraphen-Ingenieur Bechtold durch Anwendung einer doppelten Telegraphen-Leitung L_1 und L_2 (Fig. 600) mit 2 entgegengesetzten, von den Batterien B_1

und B_2 gelieferten Ruheströmen zu beseitigen, wobei er in einer für Arbeitsstrom bestimmten 3. Leitung das richtige Arbeiten des Deckungs-Signals kontrolirte. In die beiden Ruhestrom-Leitungen sind 2 Elektromagnete M_1 und M_2 eingeschaltet, deren Anker r_1 und r_2 an einem auf die Achse *e* der Auslösungs-Vorrichtung des Triebwerks aufgesteckten 2armigen Hebel A_1 A_2 angebracht sind und den Hebel um diese Achse in gleichem Sinne zu drehen streben. Nur wenn beide Ströme gleichzeitig unterbrochen werden, vermag eine Spannfeder *T* den Hebel A_1 A_2 und eine an seiner Achse sitzende Gabel *G* in entgegengesetztem Sinne zu drehen; es geht dabei die stellbare Zunge *ad* der Auslösung *w* zwar an der Nase *b* der einen Zinke der Gabel *G* vorüber, fängt sich jedoch sofort an einer Nase *c* der anderen Zinke. Die Auslösung wird daher erst vollendet, wenn die Ruheströme wieder hergestellt werden und infolge der wiederkehrenden Anker-Anziehung und der dadurch bewirkten Rückbewegung des Hebels A_1 A_2 und der Gabel *G* die Zunge *a* auch an der 2. Nase *c* vorübergehen kann. Bei der Hohenegger-Bechtoldschen Auslösung vermag zwar eine atmosphärische Elektrizitäts-Entladung, da dieselbe nur den e i n e n Ruhestrom unterdrücken, den anderen aber verstärken wird, ebensowenig wie eine Unterbrechung b e i d e r Leitungen eine Umstellung des Signals herbeiführen. Wohl aber könnte dies geschehen, wenn die atmosphärische Entladung, die den einen Ruhestrom unterdrückt, zugleich die Leitung des anderen unterbricht. — Als Signal-Körper benutzte Hohenegger dabei auf der österr. Nordwest-Bahn eine roth angestrichene, um eine horizontale, im Signal-Ständer liegende Achse drehbare rechteckige Tafel, die bei „Halt" zu beiden Seiten des Ständers vorstand, bei „Frei" hinter einem feststehenden, grau angestrichenen Schirm am Ständer verschwand. (Vergl. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Archit.-Ver., Bd. XXII S. 131.)

Fig. 601.

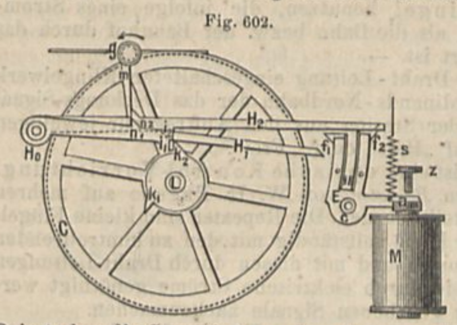


In ähnlicher Weise und in der nämlichen Absicht bewirkt Hohenegger auch, und zwar ebenfalls bei den Stations-Deckungs-Signalen der österr. Nordwest-Bahn, die Auslösung des Triebwerks durch einen kräftigen Induktionsstrom in einer in sich geschlossenen, aus 2 nebeneinander laufenden Drähten gebildeten Schleifen-Leitung. Der abfallende Auslöshebel *aw* (Fig. 601) drückt den Haken *g* zur Seite, wodurch die Windflügel-Achse I frei wird, so dass nun das Gewicht *P* durch den Krummzapfen *x* mittels der Hebel *z* und *k* die Signal-Achse *S* um 45° verstellt, während eins der beiden Exzenter auf der Achse IV mittels des Daumens *h* den Hebel *w a* wieder auf die Nasen *b* und *c* der Gabel *G* legt. Bei vollkommen abgelaufenem Gewicht *P* steht das Signal stets auf „Halt". Die Stellung des Signals endlich wird mit Hilfe eines galvanischen, nur bei der Halt-Stellung geschlossenen

Stromes in einer 3. Leitung kontrolirt, in die auf der Station und bei den benachbarten Wärtern Kontrolwecker und auf der Station ein sehr empfindliches sichtbares elektrisches Signal eingeschaltet ist. —

Eine sehr zuverlässige Auslösung für Deckungs-Signale hat O. Schäffler unlängst angegeben. Auf der Signal-Achse L (Fig. 602) sitzt das Zahnrad C, das die Windfang-Achse g umtreibt, nebst 2 Exzentern k_1 und k_2, die bei ihrer Umdrehung die von den Nasen f_1 und f_2 der Gabel E abgefallenen Auslöshebel H_1 und H_2 wieder zu heben haben, wobei die Nasen der seitlich vorstehenden Zunge an H_1 und dem Hebelende H_2 ein wenig nach rückwärts federnd ausweichen. Die Gabel E folgt der Bewegung des Ankerhebels a des Elektromagnets M um die Achse c; ist der Anker a von M angezogen, so fällt H_1 von f_1 ab und bleibt H_2 mit seiner Zunge auf f_2 liegen.

Fig. 602.



Reisst aber die Spannfeder s den Anker a ab, so fällt H_2 von f_2 ab und H_1 wird von f_1 gefangen. Der nicht abgefallene Hebel H_1 oder H_2 verlegt durch die Nase n_1 oder n_2 dem Arm m an der Windfang-Achse g den Weg und arretirt dadurch das Laufwerk. Gelegentlich können zwar beide Hebel gleichzeitig abfallen, nie aber beide Hebel gleichzeitig gehoben sein. Bei dauernder Strom-Gebung muss daher das Laufwerk so lange laufen, bis H_2 von f_2 gefangen ist, bei dauernder Strom-Unterbrechung so lange, bis H_1 von f_1 gefangen ist; im ersteren Falle wird m von n_2, im 2. von n_1 aufgehalten. Eine kurze Unterbrechung oder ein vorübergehender Strom kann dagegen nicht ein bleibendes Fangen von H_1 oder H_2, also auch nicht eine bleibende Stellung des Signals herbeiführen, wenn nur letztere von der Stellung abhängig gemacht wird, in welcher L arretirt bleibt. Zu diesem Behuf setzt Schäffler die Achse L seiner elektromagnetischen Wechsel-Auslösung mit der eigentlichen Signal-Achse mechanisch so in Verbindung, dass erstere, die von dem treibenden Gewichte beständig in einerlei Sinne in Umdrehung versetzt wird, dabei der letzteren, den beiden Signal-Stellungen entsprechend, eine Drehung um 90° abwechselnd vor- und rückwärts ertheilt. Dabei wird aber, zur Vermeidung von Stössen auf die Auslös-Hebel, das Laufwerk nur mittelbar durch die Auslös-Hebel arretirt. Uebrigens fängt sich, wenn das treibende Gewicht nahezu abgelaufen ist, eine Rolle, das Triebwerk aufhaltend, am Drahtseile des Gewichtes, und zwar in einer Ruhestellung des Signals. — Zur Kontrole der Signal-Stellung dienen Wecker und mit Signal-Scheibe ausgerüstete Galvanoskope, die in eine Kontrol-Leitung eingeschaltet sind und bei der durch Strom-Unterbrechung in der Hauptleitung herbeigeführten „Halt-Stellung" des Signals von einen Strom durchlaufen werden. (Vergl. Heusinger, Organ f. d. Fortschritte des Eisenbahn-Wesens, 1875).

Werden bei der Wechsel-Auslösung 2 Elektromagnete (oder auch ein polarisirter Elektromagnet) verwendet und dadurch ausser den beiden rechts und links liegenden angezogenen, eine 3. inmitten liegende abgerissene Ankerlage geschaffen, und wird dieser Ankerlage entsprechend die Gabel E mit einem 3. Lappen, die Achse L mit

einem 3. Exzenter versehen und entsprechend ein 3. Auslösehebel hinzugefügt, so kann die Achse L in 3 verschiedene Lagen versetzt werden, wovon 2 den beiden entgegengesetzten Strom-Richtungen, die 3. der Strom-Unterbrechung entspricht.

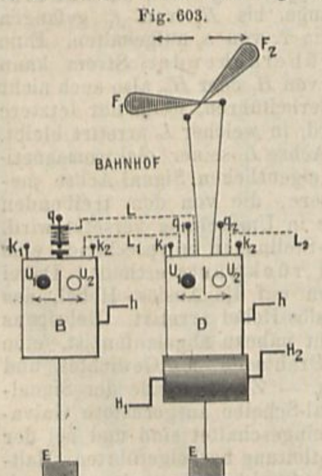
Zur elektrischen Kontrole der Deckungs-Signale lässt sich eine auf dem betr. Wärterhause, bezw. dem abgesperrten Bahnhof, oder noch besser (wie es z. B. auf der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn und auf der österr. Südbahn geschieht) auf beiden zugleich aufgestellte elektrische Klingel benutzen, die infolge eines Strom-Schlusses so lange läutet, als die Bahn bezw. der Bahnhof durch das Deckungs-Signal abgesperrt ist. —

Auf einem in eine 2. Draht-Leitung eingeschalteten Klingelwerk erhält auf der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn der das Deckungs-Signal bedienende Wärter von der Station aus den Auftrag zur jeweiligen Stellung dieses Signals auf „Halt" oder „Frei".

Zweckmässiger noch ist eine optische Kontrol-Vorrichtung, wie sie unter dem Namen *Repeater* von W. H. Preece auf mehren englischen Bahnen hergestellt wurde. Die Repeater sind kleine Flügel-Telegraphen, die in ihrer Form vollständig mit den zu kontrolirenden Signal-Flügeln übereinstimmen und mit diesen durch Draht-Leitungen so verbunden sind, dass sie durch elektrische Ströme genöthigt werden, alle mit den Flügeln gegebenen Signale nachzumachen.

In ähnlicher Weise gaben Dufau und Hardy die Absperrungs-Signale durch Zugdrähte, kontrolirten aber die richtige Stellung der Signale durch elektrische Ströme, die bei der einen oder anderen Stellung des Signals bezw. in eine von 2 vorhandenen Leitungen der Station gesandt wurden; es ertönte eine Lärmglocke, sobald die Elektromagnet-Anker beider Leitungen ihre Ruhelage einnahmen, d. h. bei Unterbrechung der Leitung oder bei nicht völlig durchgeführter Signal-Stellung.

Fig. 603.



Preece und Warwick kontrolirten sogar das Brennen des Lichtes in der Laterne solcher Signale, indem sie über der Flamme ein Metallstück anbrachten, das, so lange es durch die Hitze der Flamme ausgedehnt wurde, durch einen Hebel einen elektrischen Strom unterbrochen erhielt, beim Verlöschen des Lichtes aber sich zusammenzog, dabei den Strom schloss und ein Läutewerk ertönen liess. — Durch Strom-Unterbrechung kontrolirte v. Wettstein (1866) das Brennen der Lampe bei den durch Drahtzug gestellten, mit elektrischer Kontrole versehenen Stations-Deckungs-Signalen der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn, desgl. Boucher bei den Signalen der Bahn Paris-Lyon.

Eine sehr zuverlässige Stations-Deckung ermöglichen auch die auf S. 393 besprochenen Block-Apparate von Siemens & Halske. Der Bahnhofs-Deckungs-Apparat D (Fig. 603) ist äusserlich mit einem gewöhnlichen Block-Apparat genau übereinstimmend. Der auf dem Bahnhof aufzustellende Apparat B ist ohne Flügel und hat auch nur eine Weckertaste q. Diese beiden Apparate sind aber durch eine

doppelte Leitung L und L_1 mit einander verbunden. Da in normalem Zustande der Bahnhof beständig geschlossen gehalten wird, so zeigen die in der Einfahrts-Richtung gelegenen Fenster U_1 in B sowohl als in D Roth, und es steht dabei der Arm F_1 von D auf „Halt". Will der Vorstand des Bahnhofs B einen Zug nach D hin abgehen lassen, so drückt er, unter Umdrehung der Kurbel h seines Induktors, die Weckertaste q und läutet dadurch mittels der Leitung L in D vor, indem er mittels gleichgerichteter Ströme daselbst einen Wecker ertönen macht. Nach Abgang des Zuges wird vom Vorstande in B, unter Umdrehung der Induktor-Kurbel h die in der Zugrichtung liegende Blocktaste k_2 niedergedrückt, so dass die in die Leitung L_1 gesendeten (21) Wechselströme in B die Scheibe U_2 roth machen (Fig 604), wodurch der Bahn-Abschnitt BD als blokkirt bezeichnet ist. Der Block-Wärter in D stellt nach dem Vorläuten (wenn noch nöthig) mit der Kurbel H_2 den Flügel F_2 für den kommenden Zug auf „Frei" und läutet in der Leitung L_2 den Zug in der ersten Block-Station X vor; dann stellt er, wenn der Zug vorüber gefahren ist, F_2 wieder auf „Halt" und entblockirt mittels Niederdrückens der Blocktaste k_2 in der Leitung L_1 den Bahnhofs-Apparat B; während dadurch (Fig. 605) in B im Fenster U_2 wieder Weiss erscheint, wird gleichzeitig in D Roth sichtbar und F_2 auf „Halt" festgemacht und bleiben es so lange, bis D in der Leitung L_2 von der nächsten Block-Station X wieder entblockirt wird.

Fig. 604.

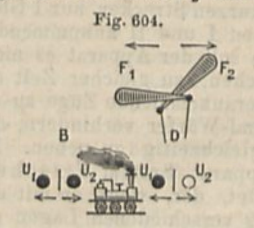
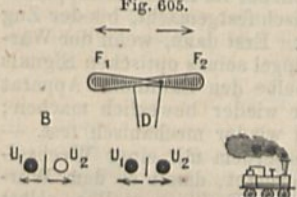
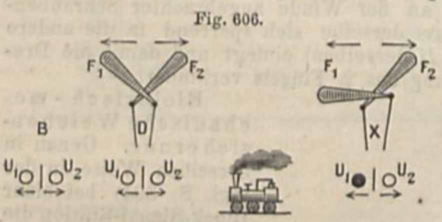


Fig. 605.



Wünscht ein von ausserhalb in D angekommener Zug nach B einzufahren, so drückt zunächst der Block-Wärter in D (sofern nicht ein in seiner Nähe befindliches Hinderniss ihn davon abhält) die Weckertaste q_1 und sendet durch Umdrehen der Kurbel h in der Leitung L dem Bahnhofs-Apparat B Ströme, wodurch der Zug dort vorgeläutet wird; darf der Zug einfahren, so wird in B die Blocktaste k_1 gedrückt unter gleichzeitiger Umdrehung der Kurbel h. Die dabei in der Leitung L von B nach D entsendeten Ströme machen (Fig. 606) die beiden, bisher rothen Scheiben U_1 in B und D weiss und den bisher unbeweglich festgemachten Flügel F_1 in D beweglich. Darauf ertheilt dann der Wärter in D durch die Kurbel H_1 mit dem Flügel F_1 dem harrenden Zuge die Einfahrts-Erlaubniss. Nach erfolgter Einfahrt stellt er mit H_1 seinen Flügel F_1 wieder auf „Halt", drückt seine Blocktaste k_1 und dreht dabei gleichzeitig die Kurbel h; die dabei in L_2 nach der vorhergehenden Block-Station X entsendeten Ströme nehmen in X ihren Weg zur Erde, gelangen in dieser nach B und darauf in der Leitung L_1 nach D zurück, infolge wovon in den Fenstern U_1 in B und D wieder Roth erscheint, in X aber wieder Weiss. Hieraus wird in B zugleich erkannt, dass im Apparat D der

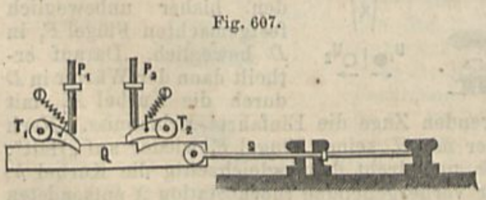
Fig. 606.



Flügel F_1 (Fig. 603) wieder auf „Halt" steht und auch in dieser Stellung festgemacht ist. Damit ist der Abschnitt XD entblockirt und der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt. Der Vorstand des Bahnhofs B aber wird nicht eher wieder die Erlaubniss zur Einfahrt eines von X her kommenden Zuges ertheilen, als bis der bereits eingefahrene den Platz geräumt hat.

Eine von der angegebenen etwas abweichende Einrichtung müssen die mit einem Bahnhofs-Apparat zu einem vollständigen Bahnhofs-Deckungs-Apparat verbundenen Siemens & Halske'schen Block-Signal-Apparate in dem Falle erhalten, wo in mehren Gleisen ankommende Züge im Bahnhof auf demselben Gleis einzufahren haben, oder auch da, wo eine 2gleisige Bahn auf kurzen Strecken nur 1 Gleis besitzt. Müssen z. B. die auf den Gleisen I und II ankommenden Züge auf ein Gleis III gelenkt werden, so soll der Apparat es nicht nur dem Stations-Vorstand unmöglich machen, zu gleicher Zeit die Erlaubniss zur Einfahrt für 2 auf I und II herankommende Züge zu ertheilen, sondern er soll auch den Block-Signal-Wärter verhindern, das Einfahrt-Signal „Frei" für beide Gleise gleichzeitig zu geben. Zu diesem Behuf wird der Bahnhofs-Signal-Apparat (System Frischen) mit einem Arretirungs-Schieber ausgestattet, der, wenn er mit der Hand in die eine oder die andere von 2 verschiedenen Lagen gebracht worden ist, dem Bahnhofs-Vorstand ein elektrisches Einfahrts-Signal zu geben gestattet, bei der einen Stellung des Schiebers aber nur für einen auf I, bei der andern nur für einen auf II sich nahenden Zug. Wurde nun einem der Züge die Einfahrt erlaubt, so wird durch Geben des Einfahrt-Signals zugleich der Schieber im Bahnhofs-Apparate in seiner entsprechenden Stellung mechanisch festgemacht, bis der Zug auf dem Gleis III den Bahnhof erreicht hat. Erst dann, wenn der Wärter am Bahnhofs-Deckungs-Apparat den Flügel seines optischen Signals wieder auf „Halt" gestellt hat, kann derselbe den Bahnhofs-Apparat entblockiren, d. i. den dortigen Schieber wieder beweglich machen; damit stellt er aber seinen Signal-Flügel wieder mechanisch fest. — Der Bahnhofs-Deckungs-Apparat wird ausserdem mit einer Wechsel-Arretirung der Signalflügel-Winden ausgerüstet, damit es dem Wärter unmöglich ist, beide Flügel zugleich auf „Frei" zu stellen, selbst dann, wenn er vielleicht die Erlaubniss dazu vom Bahnhofs-Vorstand erhielte. Wird nämlich der eine Signal-Flügel mittels der zugehörigen Winden-Kurbel H (Fig. 583—586, 603—606) auf „Frei" gestellt, so verschiebt jedesmal ein an der Winde angebrachter Schraubengang einen Stift so weit, dass derselbe sich sperrend in die andere Winde (oder in die Kurbel H derselben) einlegt und damit die Drehung dieser und die Bewegung des 2. Flügels verhindert. —

Fig. 607.



Elektrisch-mechanische Weichensicherung. Genau in derselben Weise, in der (vgl. S. 394) bei einer Block-Signal-Station die Signal-Flügel beim Geben des elektrischen Signals festgemacht wurden, wird bei dem Weichen-Block-Apparat von Siemens & Halske eine Weiche (oder auch eine Drehbrücke, ein Tunnelthor u. s. w.) durch das elektrische Signal, mittels dessen man über die Stellung der Weiche Auskunft giebt, mechanisch fest

gemacht. Es wird nämlich mit der Weichenzunge einfach ein Riegel Q (Fig. 607) verbunden, der in einem kleinen Signalkästchen mit Induktor in der Nähe der Weiche liegt. Der Riegel erhält 2 Einschnitte, in die 2 Sperrkegel T_1 und T_2 durch Wirkung des auf die Stangen P_1 oder P_2 ausgeübten Druckes sich einlegen, sofern die Weiche, und mit ihr zugleich der Riegel Q, vorher genau gestellt worden ist. Erst hiernach ist es möglich, ähnlich wie bei den Block-Signal-Apparaten, das Weichen-Signal zu geben, durch welches aber auch der Riegel Q und dadurch wiederum die Weiche selbst in ihrer Stellung festgemacht wird. Die elektrischen Signal-Apparate können dabei ganz so wie bei den Block-Signalen eingerichtet werden. — Liegen mehre zusammen gehörige Weichen hinter einander, so braucht nur die äusserste ein die Einfahrt in die Weichen-Strasse beherrschendes elektrisches Signal-Kästchen zu bekommen; es werden aber die elektrischen Apparate bei den übrigen Weichen mit Unterbrechungs-Kontakten in der Weise ausgerüstet, dass nur bei richtiger Stellung und Festmachung der sämmtlichen in der Weichenstrasse liegenden Weichen eine ununterbrochene elektrische Leitung von dem Orte, von wo aus die Erlaubniss zur Einfahrt ertheilt werden soll, bis zu dem die Einfahrt erlaubenden oder verbietenden Signal-Kästchen nebst Flügel-Signal hergestellt ist.

Weichen-Kontrol-Apparate. Ein eigenthümlicher Apparat dieser Art wurde Alexander Bernstein, November 1873 (für Bayern) patentirt. Mittels dieses Apparats vermag sich der Bahnhofs-Vorstand jederzeit leicht Gewissheit darüber zu verschaffen, ob für einen bestimmten Zweck die Weichen richtig stehen oder nicht. Neben jeder Weiche ist ein Kasten e (Fig. 608, 609) aufgestellt, in den mit geeigneter Führung eine Stange d (in Fig. 610 s_1, s_2, s_3) eintritt, auf welcher isolirt, ein metallner Doppel-Kegel f steckt. Durch Schubstange c und Kurbel b ist d mit der Zungenschiene mittelbar, mit der Weichen-Signal-Achse a unmittelbar verbunden, so dass die Stellung des Doppelkegels im Kasten von der Stellung der Zungenschiene abhängt. Bei tiefster, sowie bei vorgeschobenster Stellung des Doppel-Kegels setzt derselbe 2 Blattfedern g und g' in leitende Verbindung. Von den vorhandenen 4 Kontakt-Federn sind die beiden, in Fig. 608 nach oben, in Fig. 610 rechts von s (s_1, s_2, s_3)

Fig. 608.

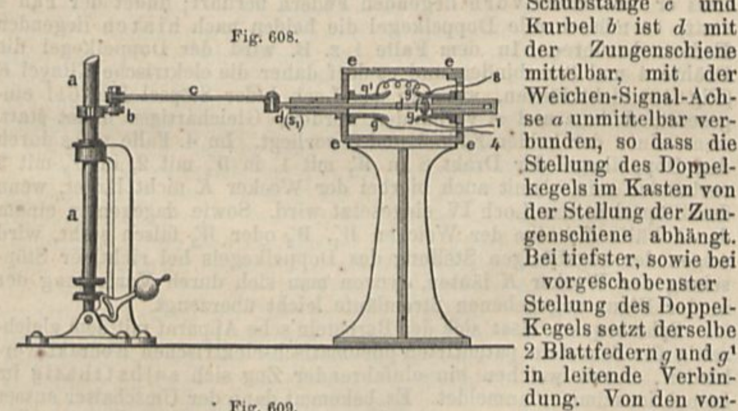
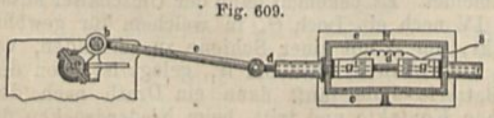


Fig. 609.



liegenden unter sich und zudem durch den Draht 8 mit dem einen Pole der Batterie B leitend verbunden; die beiden anderen links von s liegenden Federn sind gegen einander und gegen die erst erwähnten beiden Federn isolirt, und es gehen von ihnen Leitungs-Dräthe 1, 2, ... 6 zum Inspektions-Zimmer, in welchem

ausser der Batterie B ein Galvanometer G, ein Wecker K und ein eigenthümlicher Umschalter aufgestellt sind. Die eine Schiene m des Umschalters wird durch den Leitungs-Draht 7 durch G und K hindurch mit dem 2. Pol der Batterie B verbunden. An die anderen Schienen $a, b \ldots n$ des Umschalters sind die von den isolirten Kontaktfedern kommenden Drähte 1, 2 ... 6 gelegt. Die Schienen $a, b \ldots n$ sind zum Theil unter sich leitend verbunden und in Gruppen geordnet, so dass jede Gruppe durch Einsetzen eines metallenen Stöpsels (Fig. 611) in die Oeffnungen I ... IV mit der Schiene m leitend verbunden wird.

Fig. 610.

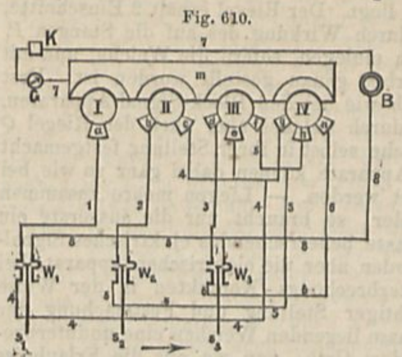


Fig. 611.

Der in Fig. 610 dargestellte Apparat entspricht dem Falle, wo vom Einfahrts-Gleis 3 Gleise abzweigen, deren Weichenspitzen der in der Figur durch Pfeil angedeuteten Zugrichtung entgegen liegen. Bei der angenommenen Gleislage können nun 4 Fälle der Befahrung vorkommen: der 1., 2. und 3. dieser Fälle entsprechen bezw. der Einfahrt in die Weichen W_1, W_2 und W_3; der Fall 4 ist der, dass der Zug ohne Ablenkung in den Bahnhof (Personenhalle) einfährt. Wenn einer der Fälle 1, 2 oder 3 eintritt, giebt die richtig stehende Weiche dem Doppelkegel in W_1, W_2 oder W_3 diejenige Stellung in seinem Kasten, dass er die beiden vorn liegenden Federn berührt; findet der Fall 4 statt, so müssen alle Doppelkegel die beiden nach hinten liegenden Federn berühren. In dem Falle 1 z. B. wird der Doppelkegel die Drähte 4 und 8 verbinden und es darf daher die elektrische Klingel K (Fig. 610) nicht läuten, wenn in das Loch I der Stöpsel Fig. 611 eingesetzt, d. h. a und m verbunden werden; Gleichartiges findet statt, wenn einer der beiden Fälle 2 und 3 vorliegt. Im 4. Falle muss durch den Doppelkegel der Draht 8 in W_1 mit 1, in W_2 mit 2, in W_3 mit 3 verbunden sein, damit auch hierbei der Wecker K nicht läutet, wenn der Stöpsel in das Loch IV eingesetzt wird. Sowie dagegen in einem der 4 Fälle die eine der Weichen W_1, W_2 oder W_3 falsch steht, wird wegen der zugehörigen Stellung des Doppelkegels bei richtiger Stöpselung der Wecker K läuten, wovon man sich durch Verfolgung der in der Figur angegebenen Stromläufe leicht überzeugt.

Sehr bequem lässt sich der Bernstein'sche Apparat mit dem gleichzeitig für Bernstein patentirten pneumatisch-elektrischen Kontakt verbinden, durch welchen ein einfahrender Zug sich selbstthätig im Inspektionszimmer anmeldet. Es bekommt dann der Umschalter ausser den Oeffnungen I ... IV noch ein Loch O, in welchem für gewöhnlich der Stöpsel steckt, um m mit einer Schiene zu verbinden, von welcher ein Drath an den Drath 8, etwa bei W_1, gelegt ist; von dem mit 8 verbundenen Batterie-Pole läuft dann ein Drath nach dem pneumatisch-elektrischen Kontakte und tritt, beim Niederdrücken des letzteren durch die Lokomotivräder, mit der Erde in Verbindung, während von dem mit 7 verbundenen anderen Batterie-Pole noch ein besonderer Draht durch das dann nöthige 2. Läutewerk und die Multiplikations-Rollen eines Relais hindurch zur Erde geführt wird. Der Draht 8 ist dabei zwischen W_3 und dem Batterie-Pole zerschnitten

und seine beiden Enden sind an 2 neben einander liegende Kontakt-Federn gelegt; beim Ansprechen des Relais aber, welches durch jedes Niederdrücken des pneumatisch-elektrischen Kontaktes veranlasst wird, drückt der Relais-Ankerhebel eine an einem kleinen Doppelhebel sitzende Platin-Spitze zwischen die beiden Kontakt-Federn, und letztere halten nun die Spitze fest. Daher läutet dann, so lange der Stöpsel in *O* steckt, der Wecker *K*, auch wenn das 2. Läutewerk beim Weiterfahren des Zugs zu läuten aufhört und der Relais-Anker abfällt, fort, bis der Vorstand den Stöpsel aus *O* herauszieht und zur Kontrole in I, II, III oder IV steckt. Nach bewirkter Kontrole hebt der Vorstand endlich die Spitze durch einen Druck auf ihren Doppelhebel wieder zwischen den Kontakt-Federn heraus, steckt den Stöpsel wieder in *O* und stellt so den Anfangszustand wieder her. (Vergl. Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt, 1875, S. 147.)

Zentral-Weichen- und Signal-Stellapparate. Mittels dieser Apparate soll die Oberleitung des Verkehrs entweder auf einem ganzen Bahnhof, oder auch an mehrfachen Bahn-Abzweigungen oder Kreuzungen in einer Hand zusammengefasst werden.

Bei den englischen Bahnen legte man schon in früher Zeit die Hebel wichtiger Einfährts-Weichen unmittelbar neben die Hebel der Absperrungs-Signale; später brachte man beide Hebel-Gruppen in Abhängigkeit von einander, wodurch man zu dem *Locking-* oder *Interlocking-System* kam, bei dem Weiche und zugehöriges Signal mechanisch so mit einander verbunden sind, dass nur bei richtiger Weichenstellung das Einfahrt-Signal gegeben werden kann.

Die zentrale Weichen- und Signal-Stellung pflegt bei engl. Bahnen von einem Wärter, der in einer über dem Bahnplanum erhöht liegenden und eine volle Uebersicht gewährenden Signal-Stube (Signal-Bock) postirt ist, besorgt zu werden, und es sind die Zughebel dort durch Riegel so gekuppelt, dass die Signal-Hebel erst nach erfolgter Stellung der für den erwarteten Zug maassgebenden Weichen-Hebel bewegt werden können, dass durch die Stellung der betr. Signal-Hebel diese Weichen-Hebel festgemacht werden, und dass alle jene Weichen- und Signal-Hebel, deren nachträgliche Verstellung eine Gefährdung des Zuges herbeiführen könnte, so lange unbeweglich gemacht werden, bis der Zug sein Ziel erreicht hat.

Ein sehr vollkommener Zentral-Apparat wurde von Saxby und Farmer angegeben; derselbe ist in England, Belgien, Frankreich und Italien sehr verbreitet; bei französ. Bahnen ist aber daneben seit 1855 hauptsächlich der Zentral-Apparat von Vignier in Gebrauch gekommen. Auch in Deutschland ist der Saxby-Farmer'sche Apparat mehrfach ausgeführt worden. Mit dem Saxby-Farmer'schen Apparat stimmt im Grundgedanken der Rüppel'sche Zentral-Apparat überein, hat jedoch in seiner Durchführung mehre Vorzüge vor jenem voraus. Die neueste Einrichtung der Rüppell'schen Apparate ist beschrieben und abgebildet im Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnwesens 1874, S. 140 und D. Bauztg., Jahrg. 1874. S. 227.

Das im allgemeinen rauhe Klima von Deutschland macht für die langen Zugstangen, die in den genannten beiden Apparaten vorkommen und deren Bewegung schon an und für sich einen grossen Kraftaufwand erheischt, besondere Schutzvorrichtungen gegen Schnee und Eis erforderlich.

Den hieraus entspringenden Uebelständen suchte Frischen durch Mitbenutzung der Elektrizität entgegen zu wirken, der zu den bereits (auf S. 392 und 410) besprochenen Block-Apparat und Bahnhofs-Deckungs-Apparat auch noch einen Bahnhofs-Zentral-Apparat,

entwarf, bei welchem er jedoch — im Gegensatz zu Saxby & Farmer und zu Rüppell — ausser der Benutzung der Elektrizität, an den schon bei den Block-Apparaten befolgten Grundsätzen bezüglich der Signal- und Weichen-Bewegung festhielt.

Es können nämlich mit dem Frischen'schen Apparat, bei dessen Anwendung der Bahnhof nicht länger als unbedingt nöthig der freien Verfügung entzogen werden soll, zwar die optischen Einfahrts-Signale unmittelbar vom Zentral-Apparat aus gegeben werden; es geschieht dies aber niemals auf eine solche Entfernung hin, die zu gross ist, als dass der den Zentral-Apparat bedienende Beamte die am Aufstellungs-Ort des Signals jeweilig vorliegenden örtlichen Verhältnisse genau zu überblicken vermöchte, da diese Verhältnisse ja unter Umständen die Stellung des Signals oder der Weiche verbieten können. Bei grösserer Ausdehnung eines Bahnhofs werden daher besondere Deckungs-Apparate am Eingange aufgestellt. Die Weichen lässt C. Frischen nie von seinem Zentral-Apparat aus stellen, sondern immer von Weichenstellern mittels gewöhnlicher Hebel; die Weichen werden darauf aber, soweit ein Bedürfniss dazu vorliegt, vom Zentral-Apparat aus in ihrer Lage mechanisch festgeriegelt, wozu Weichen-Riegel, die eine Art Schloss bilden, benutzt werden. — Die wieder durch eine längere Folge von Induktor-Wechsel-Strömen gegebenen elektrischen Signale, die optischen Signale und die Weichenstellungen werden in die strengste Abhängigkeit von einander gebracht, so dass jede Signal-Gebung unmöglich ist, so lange nicht die zugehörigen Weichen in der für ungefährdete Befolgung des Signals nöthigen Weise vorher gestellt und festgemacht sind und ausserdem ihre Lösung bis auf weiteres selbst dem Bahnhofs-Vorstande entzogen ist, dem auch beim Geben des Signals jede nachträgliche Abänderung desselben erst dann wieder möglich wird, wenn die nach seiner Anordnung ertheilten Fahr-Signale wieder auf „Halt" zurückgestellt und fest gemacht sind.

Dieser von Siemens & Halske ausgeführte Zentral-Apparat schützt nicht nur gegen geradezu falsche, (sondern durch den schon erwähnten Weichen-Riegel-Verschluss) auch gegen ungenaue Weichenstellung; er gewährt ausserdem dem Bahnhofs-Vorstande die Möglichkeit, sich durch einen einzigen Blick über die Stellung aller Signale und Weichen sichere Auskunft zu verschaffen. Der Apparat ist an jeder beliebigen Stelle des Bahnhofs aufstellbar, und es können selbst mehre kleine Apparate, die an verschiedenen Stellen plazirt sind, mit einem sie vereinigenden Haupt-Apparat verbunden werden.

Auch von M. Hipp wurde für einige Stationen der Vereinigten Schweizer-Bahnen ein Zentral-Apparat ausgeführt, bei dem die zahlreichen langen Gestänge und Winkelhebel der engl. Apparate durch Benutzung elektrischer Ströme ersetzt sind, indem die Stellung jeder Weiche durch ein Scheibchen im Stations-Zimmer sichtbar gemacht ist; die Weichenstellung wird dabei vom Stations-Vorstande durch elektrische Auslösung eines Triebwerks mit Gewicht bewirkt.

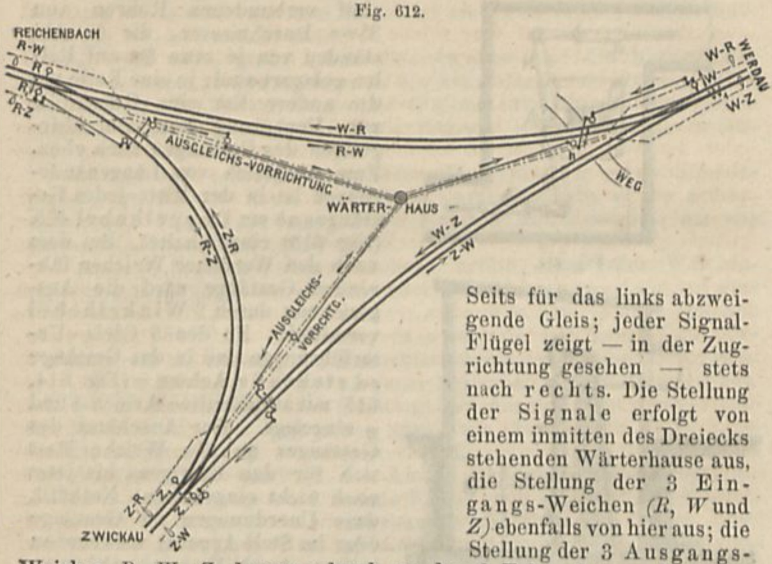
Zur näheren Charakterisirung der von Saxby-Farmer, Rüppell und Frischen ausgeführten Einrichtungen mögen dieselben für ein paar einfache Spezial-Fälle beschrieben werden.

a) Der Saxby-Farmer'sche Apparat für das Kurven-Dreieck bei Werdau.

Bei Werdau kreuzen sich, in der allgemeinen Form eines Dreiecks, die drei 2gleisigen Bahnstrecken: Werdau-Reichenbach, Zwickau-

Reichenbach und Werdau - Zwickau. Die Bedienung der Signale der wichtigen 3 Einfahrts-Weichen ist in eine Hand gelegt, der Zusammenstoss von 2 Zügen unmöglich gemacht, daneben aber der gleichzeitige Verkehr aller sich nicht gefährdenden Züge offen gehalten. Aus der Situation Fig. 612 ist ersichtlich, dass an jedem Eingange zwei 1armige Sperr-Signale stehen: Rechter Seits für das rechts, linker

Fig. 612.



Seits für das links abzweigende Gleis; jeder Signal-Flügel zeigt — in der Zugrichtung gesehen — stets nach rechts. Die Stellung der Signale erfolgt von einem inmitten des Dreiecks stehenden Wärterhause aus, die Stellung der 3 Eingangs-Weichen (*R*, *W* und *Z*) ebenfalls von hier aus; die Stellung der 3 Ausgangs-Weichen R_1, W_1, Z_1 dagegen durch an den 3 Eckpunkten aufgestellte Weichen-Wärter; hiernach sind die Ausgangs-Weichen von den Eingangs - Weichen und den Signalen unabhängig. An jedem Eckpunkt befindet sich eine einfache Klingel - Vorrichtung, durch welche vom Weichen-Wärter die erfolgte Ausfahrt eines Zuges (nach dem Wärterhause hin) mitgetheilt wird. Als Sperr - Signal dient ein Flügel mit Laternen - Scheibe, dessen horizontale Lage — bei Nacht rothes Licht — „Sperrung", und dessen schräg nach aufwärts gerichtete Lage — grünes Licht — „Freie langsame Fahrt" bedeutet. Für gewöhnlich wird das Dreieck gesperrt gehalten.

Bei der gewählten Einrichtung lässt sich das Sperr - Signal aus einer Entfernung bis zu 1000^{m} durch Drahtzug bewegen; bei der Stellung desselben auf Sperrung steht der Stellhebel aufrecht und ein mit Kette über eine Rolle am Sperrhebel geführtes Gegengewicht hält den Draht gespannt. Beim Umlegen des Handhebels (in die wagerechte Lage) klemmt sich zunächst die Kette fest, der Draht wird dann vom Hebel mitgenommen und der Flügel gehoben. Da bei Rückführung des Hebels in seine aufrechte Stellung die Draht-Spannung sich vermindert, so führt das Eigengewicht den Signal - Flügel in die horizontale Lage zurück und der Flügel befindet sich bereits wieder in Ruhe in dem Moment, wo der Draht der Wirkung des Spann-Gewichts wieder überlassen ist. Die Längen - Veränderungen des Drahtes in Folge des Temperaturwechsels gleicht das Gegengewicht aus, welchem dazu der nöthige Spielraum von oben nach unten gewährt ist.

Die Drahtzüge liegen, soweit dieselben die Gleise nicht zu überschreiten haben, in Schutz-Kästen, die gleichzeitig das Gestänge für die Weichen-Bewegung aufnehmen; bei Gleis-Ueberschreitungen werden die Drähte über Rollen schräg nach oben und in geeigneter Höhe und Richtung weiter geführt.

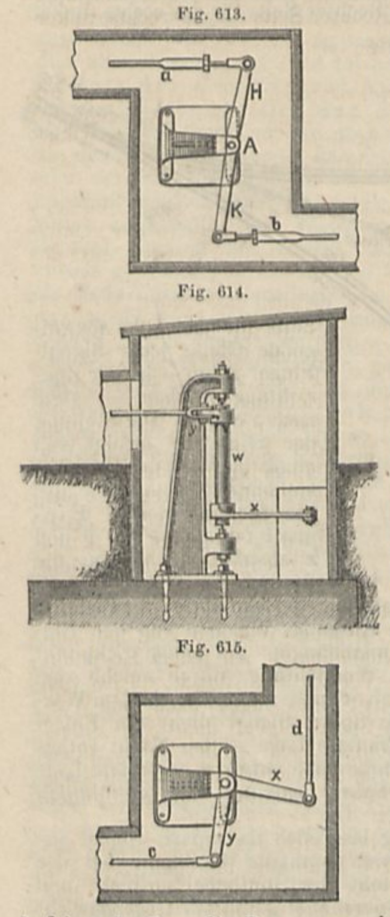


Fig. 613. Fig. 614. Fig. 615.

Das Gestänge besteht aus steif verbundenen Röhren von 35mm Durchmesser, die in Abständen von je etwa 3m auf Rollen gelagert sind; je eine Rolle um die andere hat eine Gegenrolle zur Verhütung von Durchbiegungen des Gestänges nach oben. Zum Ausgleich von Längenänderungen ist in der Mitte jedes Gestänges *ab* ein Doppelhebel *HK* (Fig. 613) eingeschaltet. Bei dem nach den Werdauer Weichen führenden Gestänge wird die Ausgleichung durch 2 Winkelhebel vermittelt. Zu den 3 Gleis-Unterführungen sind in das Gestänge *cd* stehende Achsen *w* (Fig. 614, 615) mit aufgekeilten Armen *x* und *y* eingelegt. Der Anschluss des Gestänges an die Weiche lässt sich für den (übrigens bis jetzt noch nicht eingetreten) Nothfall, dass Unordnungen im Gestänge oder im Stell-Apparat vorkommen sollten, durch Herausschlagen eines Bolzens lösen, und dann ist der Wärter im Stande, die Eingangs-Weiche mit der Hand zu stellen. Der Weg des Gestänge-Endes im Wärterhause muss zur Erzielung eines guten Schlusses der Weiche nahezu 1,5 mal so gross sein, als der Weg des an der Weiche liegenden Gestänge-Endes.

Zwischen je 2 Stellhebeln einer Weiche liegt ihr Signal-Hebel. Fig. 612 lässt erkennen, dass jeder ein inneres Gleis der Dreiecks befahrende Zug die Bewegung eines Zuges auf den 4 Gleisen der anderen beiden Dreiecks-Seiten ausschliesst. Bei vorschriftsmässigem „Rechtsfahren“ dürfen daher 3 Züge zu gleicher Zeit nur auf den 3 äusseren Gleisen des Dreiecks fahren, d. h. in den Richtungen *R—Z*, *W—R* und *Z—W*; 2 Züge dagegen dürfen gleichzeitig fahren auf dem, eine und dieselbe Dreiecks-Seite bildenden Gleis-Paare, d. i. entweder in der Richtung *R—Z* und *Z—R* oder *W—R* und *R—W*, oder endlich in der Richtung *Z—W* und *W—Z*; 4 Züge dürfen nie zugleich fahren.

Die 9 Stellhebel müssen hiernach mechanisch so mit einander verbunden sind, dass

1. beim Stand der *beiden* Sperr-Signale *derselben* Dreieckspitze auf Sperrung die zugehörige Weiche *beliebig verstellbar* ist;

2. dass ein Sperr-Signal „Freie Bahn" nur dann gegeben werden kann, wenn die Stellung der zugehörigen Weiche die richtige ist, woraus folgt, dass nicht *beide* Sperr-Signale einer Dreieckspitze gleichzeitig auf „freie Fahrt" gestellt werden können;

3. dass jedes Sperr-Signal bei der Stellung auf „Freie Bahn" zugleich die zugehörige Weiche in der richtigen Lage so lange festhält, als dieses Zeichen steht;

4. dass jedes Signal einer Dreieckspitze auf die Signale der beiden anderen Dreieckspitzen so einwirkt, dass eine Stellung jenes Signals nur möglich ist, wenn die Stellung der Signale der beiden anderen Dreiecksspitzen der beabsichtigten Stellung nicht widerspricht.

5. Bei der möglich gewordenen *Umstellung* eines Signales müssen alle Signale, deren Umstellung Gefahr brächte, in der gefahrlosen Lage festgestellt und so lange fest gehalten werden, als das betreffende Signal auf „Frei" steht.

Diese Bedingungen werden dadurch erfüllt, dass jeder Weichen- und Signal-Stellhebel durch eine geeignete Hebelverbindung an eine *Platine* pp (Fig. 616) so angeschlossen ist, dass letztere bei jeder Vor- oder Zurückbewegung des Stellhebels in einer zu jener Bewegung rechtwinkligen (wagerechten) Richtung hin oder her verschoben wird, wie dies durch Pfeile angedeutet wird.

Fig. 616.

An die Platinen sind wagerecht liegende *Klinken* k mit ihrem einen Ende angehängt, während das andere Ende an einer der 9, in Fig. 616 durch Punkte markirten, lothrechten Drehachsen drehbar befestigt ist. Die Klinken legen sich mittels Nasen, theils vor ihrer Verschiebung, theils erst nach derselben, entweder vor die in der Ruhelage befindlichen (in Fig. 616 durch die schwarzen Vierecke angedeuteten), oder vor die *verstellten* (durch die punktirten Vierecke angedeuteten) Stellhebel und halten diese dann in ihrer Stellung fest. In der Ruhestellung aller 9 Hebel können 3 Züge in den Richtungen *R—Z*, *W—R*, *Z—W* fahren.

In Fig. 616 ist zu oberst die Platine für das Signal *R—W*, in der Mitte für die Einfahrts-Weiche *R*, zu unterst die Platine für das Signal *R—Z* gezeichnet. Die Weiche *R* steht also für die Richtung *R—Z*, und es kann deshalb nicht das Signal *R—W*, wohl aber das Signal *R—Z* gezogen werden; wird dasselbe gezogen, so macht die 1. Klinke (von rechts her) den Signal-Hebel *R—W*, die 2. die Weiche *R* in der Stellung für *R—Z*, die 3. den Signal-Hebel *W—Z* fest; während die Signale *Z—W*, *W—R*, *Z—R* und die Weichen *W* und *Z* frei bleiben. Erst dann, wenn das Signal *R—Z* wieder auf „Halt" gestellt ist, werden die Signal-Hebel *R—W* und *W—Z* und der Weichen-Hebel *R* wieder frei. Wird das Signal *R—Z* *nicht* gezogen, sondern zunächst der Hebel der Weiche *R*, so giebt die 1. Klinke das Signal *R—W* frei, während die 2. zugleich das Signal *R—Z* fest macht; wird darauf das Signal *R—W* gezogen, so macht dessen 1. Klinke die Weiche

R in ihrer jetzigen Lage fest, die 2. das Signal *R—Z*, die 3. das Signal *W—Z*, die 4. das Signal *Z—R*, die 5. das Signal *Z—W*; darnach bleibt also blos das Signal *W—R* frei. Wird das Signal *R—W* wieder eingezogen, so werden Weiche *R* und die 4 Signale wieder frei.

Die Anweisung zur Bedienung des Zentral-Apparats ist hiernach einfach; sie lautet:

1. Ehe ein Signal auf „Freie Bahn" gestellt werden kann, ist die Weiche in die richtige Lage zu bringen.

2. Die Umstellung einer Weiche kann nur erfolgen, wenn beide Signale auf „Halt" gestellt sind.

3. Nach Eingang des Signals über den erfolgten Wieder-Austritt eines Zuges aus dem Dreieck ist zuerst der betr. Signal-Hebel, dann der Weichen-Hebel in die Ruhestellung zurückzuführen. —

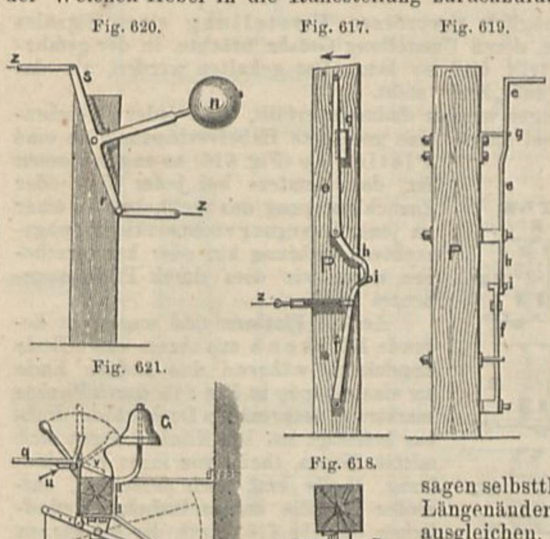


Fig. 620. Fig. 617. Fig. 619. Fig. 621. Fig. 618.

Hat der Zug das Dreieck verlassen, so sendet der Weichen-Wärter an der Ausfahrts-Weiche Meldung davon nach der Zentral-Station durch einen Schlag auf eine Glocke und Aufwerfen einer Schrifttafel. Der dazu dienende Glockenzug muss ausser, dass er vollständig sicher wirkt und wenig Kraft erfordert, sein etwaiges Versagen selbstthätig anzeigen und Längenänderungen selbstthätig ausgleichen. Hierzu sind an einem Pfosten *P* (Fig. 617—619) neben der Ausgangs-Weiche die Drehachse der Kurbel *e* und des Zughebels *f*, und in halber Länge der 2mm starken Drahtleitung *z* eine Ausgleichs-Vorrichtung *rs* (Fig. 620) angebracht. Im Wärterhause greift der Draht *z* am kurzen Ende eines Hebels *m* (Fig. 621) an, der durch eine Stange mit einer Welle *v* verbunden ist, die einen Daumen *u* zum Umwerfen der Schriftplatte *q* und einen Hammer trägt. Wird die Kurbel *e*, die durch die Drahtspannung fest an der Nase *g* anliegt, 1 mal in der Pfeilrichtung umgedreht, so bleibt dabei zunächst der Draht *z* zwischen Kurbel und der Ausgleichs-Vorrichtung gespannt und das Gewicht *n* an der Ausgleichs-Vorrichtung wird gehoben, u. z. so lange, bis die Verlängerung *h* der Kurbel von der Warze *i* des Drahthebels *f* abgleitet. In demselben Augenblick fällt das Gegengewicht *n* hinab und bewirkt — da nur die unbedeutende Reibung von 2, zunächst ungespannten Drähten zu überwinden ist — durch den entstehenden plötzlichen Zug im Drahte *z* zwischen ihm und dem Wärterhause einen Schlag auf die Glocke *G* und das Aufwerfen der

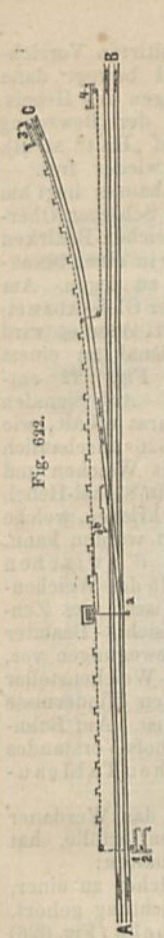


Fig. 622.

Schriftplatte q. Das Gegengewicht am Hebel m führt dann den Hammer in die Ruhelage zurück, während die Schriftplatte aufrecht stehen bleibt. Die Kurbel schnappt nach Vollendung einer Umdrehung durch die eigene Federkraft hinter der Nase g ein, wodurch der Anfangszustand des ganzen Apparats wieder hergestellt ist. (Es ist ersichtlich, dass dieser Mechanismus sich auch zur Abgabe kombinirter Zeichen — mehre Schläge — eignen würde).

Hat die Zentral-Station das Signal erhalten, so werden die betr. Hebel in die normale Lage zurückgelegt und die Schriftplatte wieder umgeklappt. Die 3 den Weichen-Hebeln entsprechend gruppirten Signal-Glocken haben ungleichen Klang. —

Das Kurven-Dreieck bei Werdau ist Block-Station für die 3 hier zusammentreffenden Linien. Die Zentral-Station erhält überdies von den 3 zunächst liegenden Stationen, Werdau, Zwickau und Neumark bezw. Reichenbach, das elektrische Glocken-Signal beim dortigen Abgang eines Zuges sowie Anzeige über die Art dieses Zuges und hat die Anzeige über den Durchlauf desselben weiter zu befördern.

Nach Ausweis eines geführten Journals durchfuhren im Nov. 1873 täglich 130 Züge das Werdauer Dreieck. Die Einrichtung besteht seit Frühjahr 1872 und hat, abgesehen von Unwesentlichem, Störungen nicht erlitten*). Während der ganzen Zeit hat eine Nachstellung der Uebertragungs-Mechanismen nicht zu erfolgen brauchen, was voraussetzt, dass die angewandten Ausgleichungs-Vorrichtungen ausreichend sind. (Vgl. Protokolle über die 84. Versammlung des Sächs. Ing.- u. Archit.-Vereins, 1874, S. 31.)

b) Rüppel's patentirter Zentral-Stell-Apparat.

Dieser Apparat mag nach dem in Fig. 622 gegebenen Situations-Plan für den besonderen Fall beschrieben werden, wo eine 1gleisige Bahn (III) von einer Bahn mit 2 Gleisen (I u. II) abzweigt. Weiche a ist eine einfache Weiche, b eine durch einen Hebel umzulegende halbe englische Weiche.

Rüppell stellt, gleichwie Saxby & Farmer, die Verbindung mit den Weichen durch Stangen-Leitungen her, die bis zu 250^{m} Länge ausgeführt wurden, aus eisernen Röhren hergestellt und in Rollenführungen 150^{mm} tief unter Bahn-Planie in Kästen gelagert sind. Zum Ausgleich von Längenänderungen dient zuweilen die in Fig. 623 skizzirte Anordnung. Die Signal-Hebel sind mit den Signalen durch Drahtzüge verbunden, und es trägt (Fig. 624) das Ende am Hebel an einem kurzen Kettenstück ein kleines Spanngewicht theils zum Längenausgleich, theils als Gegengewicht für das Signal. Soll das Signal auf „Frei“ gestellt werden, so fasst der Hebel desselben mit-

*) Hat sich diese Anlage so zweckmässig erwiesen, dass in Dresden für ein ähnliches Kurven-Dreieck beim Zentral-Güterbahnhofe eine 2. (nach Rüppel's System) gemacht wurde, so wurde eine verwandte Anlage auf dem Zentral-Güterbahnhofe in Stettin zur grösseren Hälfte wieder ausser Betrieb gesetzt, weil sich dort der Zentral-Apparat, namentlich für den Rangir-Dienst als unpraktisch erwies.

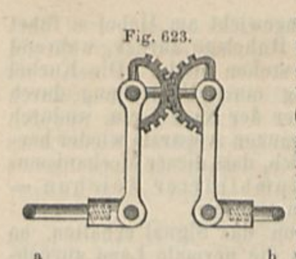


Fig. 623.

tels einer besonderen patentirten Vorrichtung in die Kette ein und bewegt dann das Signal; beim Zurücklegen des Hebels, u. z. im letzten Momente der Bewegung (wenn das Signal wieder auf „Halt“ steht), giebt der Hebel die Kette wieder frei. — Der Fussboden des Apparathauses liegt am bequemsten etwa 0,7m über Schienen-Oberkante, nur bei grösseren Weichen-Bezirken empfiehlt es sich, ihn höher in einen besonderen Weichen-Thurm zu legen. Am zweckmässigsten wird an jeder Gleis-Abzweigung ein Signal an einem besonderen Maste aufgestellt, oder es wird wenigstens für jede Abzweigung ein besonderes Signal an einem gemeinschaftlichen Maste befestigt. In dem Falle Fig. 622 entsprechen die 4 Fahrtrichtungen *A—B*, *A—C*, *B—A*, *C—A* 4 Signalen 1, 2, 3, 4 und 2 Weichen *a* und *b*. Der Zentral-Apparat erhält, wie die Vorderansicht Fig. 625 und der Grundriss Fig. 626 anschaulich machen, so viele neben einander liegende Hebel, als Weichen und Signale vorhanden. Jeder Fahrt-Richtung entspricht ein Signal-Hebel, und auf diesem sind die Nummern aller Weichen angeschrieben, welche umgelegt werden müssen, ehe der Signalhebel bewegt werden kann. In Fig. 625 u. 626 liegen die beiden Weichen-Hebel *W* zwischen den erforderlichen 4 Signal-Hebeln *S*. Können innerhalb des Weichenbezirks aussergewöhnliche Wagenbewegungen ohne Wissen des Zentral-Weichenstellers nicht vorkommen, so ist ein Aufsichts-Beamter unnöthig; kommen aber, wie auf Bahnhöfen, solche Bewegungen vor, so muss der dieselben zulassende Beamte den Zentral-Weichensteller davon benachrichtigen, damit dieser über die etwaigen Hindernisse bezüglich gewisser Fahrt-Richtungen stets unterrichtet ist. Auf Bahnhöfen wird die unmittelbare Verständigung des Bahnhofs-Vorstandes mit dem Zentral-Weichensteller durch einen elektrischen Tableau-Apparat ermöglicht.

Damit der Rüppell'sche Zentral-Apparat die (für das Werdauer Kurven-Dreieck ausführlich angegebenen) Bedingungen erfülle, hat derselbe im vorliegenden Fall folgende Einrichtung erhalten:

Jeder Weichenhebel *W*, sowie jeder Signalhebel, welcher zu einer, keine Weiche enthaltenden oder berührenden Fahrtrichtung gehört, wird durch eine Lenkstange *l* und einen Winkelhebel *h* (Fig. 626) mit einer Schubstange *s* verbunden; alle diejenigen Signal-Hebel dagegen, in deren Fahrstrasse Weichen liegen, bedürfen keine Schubstangen; in dem vorliegenden Falle sind deshalb nur 2 Schubstangen, *Sa* und *Sb* (Fig. 627) nöthig. Beim Stellen der Weichenhebel werden die Schubstangen in einer die Bewegung dieser Hebel senkrecht kreuzenden Richtung horizontal verschoben, und zwar beim Umlegen (Oeffnen) der Weiche in der Richtung des Pfeiles *p*. Die Schubstangen liegen hinter den Hebeln in einem Rahmen parallel zu einander, sind aber, wenn ihre Anzahl gross ist, von ungleicher Höhe, so dass sie einander treppenförmig überragen. Jeder Signal-Hebel erhält einen Schlussriegel *r* (Fig. 628), mit dem er durch ein Gelenk *t* so verbunden ist, dass er bei seiner Bewegung ihn in derselben Vertikalebene horizontal um ein bestimmtes Stück hin und her schiebt. Trifft ein Riegel mit dem Absatz an seiner unteren Seite auf eine Schubstange, so wird mit dem Riegel zugleich auch der zugehörige Signal-Hebel unbeweglich; es kann daher ein Signal nur auf „Freifahrt“ gestellt werden, während seinem Riegel in allen Schubstangen Aus-

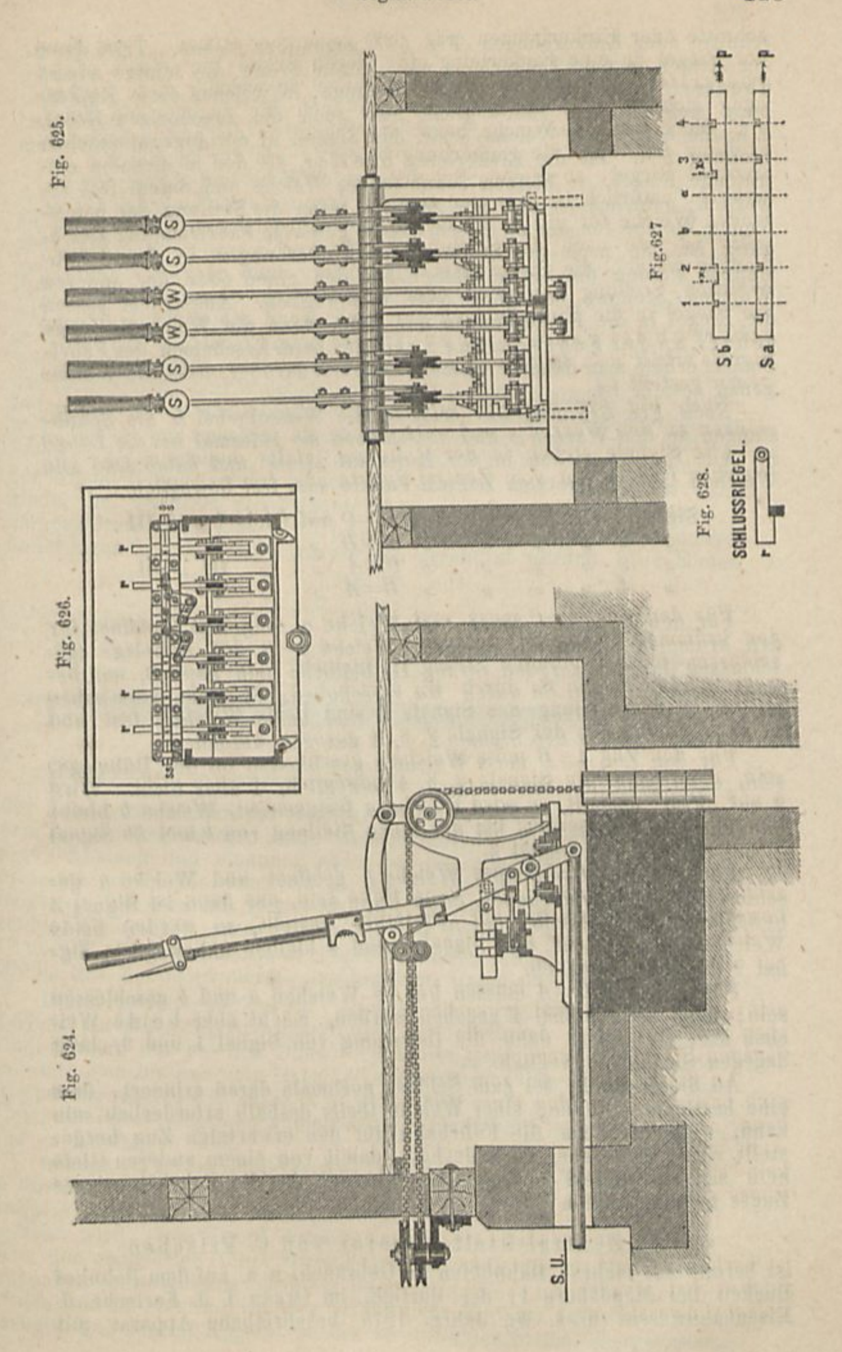


Fig. 624. Fig. 625. Fig. 626. Fig. 627. Fig. 628.

schnitte oder Einkerbungen (Fig. 627) gegenüber stehen. Tritt dann der Riegel in eine Einkerbung ein, deren Breite die seinige nicht übertrifft, so macht er die Schubstange, in welcher diese Einkerbung sich befindet, unbeweglich, also auch die zugehörigen Hebel, d. h. die betreffende Weiche, bezw. das Signal, in der augenblicklichen Stellung fest. Ist die Einkerbung breiter als der in dieselbe eintretende Riegel, so bleiben Schubstange, Weiche und Signal frei beweglich; natürlich ist dies nur zulässig, wenn die Stellung der betreffenden Weiche für die zu diesem Signal gehörige Fahrtrichtung gleichgiltig ist. Je nach der Stellung der Einkerbungen in den Schubstangen werden die Signal-Hebel bei der einen oder der anderen Weichen-Stellung beweglich oder unbeweglich. Ausserdem passen die Riegel in die Einkerbungen nur dann, wenn die Weichen-Zunge scharf an der Fahrschiene anliegt; beim Erscheinen des Fahrt-Signals erhält man daher zugleich Gewissheit darüber, dass die Weiche genau gestellt ist.

Nach Fig. 626 und 627 erfassen die Winkelhebel h die Schubstangen an den Warzen z und verschieben sie jedesmal um die Länge x. Alle Signale stehen in der Ruhe auf „Halt" und dabei sind alle Weichen (jedoch nur vom Zentral-Punkte aus) frei beweglich.

Signal 1 gilt für einen Zug A—C auf Gleis I und III
„ 2 „ „ „ „ A—B „ „ I
„ 3 „ „ „ „ C—A „ „ III „ II
„ 4 „ „ „ „ B—A „ „ II

Für den Zug A—C muss erst Weiche a umgelegt (geöffnet für den krummen Strang III) werden, Weiche b in der Ruhelage (geschlossen für den geraden Strang II) bleiben; nun kann S_1 nur bewegt werden, wenn Sa durch Wa verschoben, Sb nicht verschoben ist. Nach der Stellung des Signals 1 sind beide Weichen fest und es kann auch keins der Signale 2, 3, 4 gezogen werden.

Für den Zug A—B muss Weiche a geschlossen (in der Ruhelage) sein, dann sind die Signale 2, 3, 4 beweglich, 1 aber nicht. Wird 2 auf „Frei" gestellt, so wird Weiche a festgemacht, Weiche b bleibt beweglich und ausserdem bei der einen Stellung von b und Sb Signal 4, bei der anderen Signal 3.

Für den Zug C—A muss Weiche b geöffnet und Weiche a geschlossen, also Sb verschoben, Sa in Ruhe sein, nur dann ist Signal 3 beweglich; wird dasselbe auf „Freifahrt" gestellt, so werden beide Weichen fest gemacht und Signal 1 und 4 bleiben unbeweglich, Signal 2 dagegen beweglich.

Für den Zug B—A müssen beide Weichen a und b geschlossen sein; dann kann Signal 4 gegeben werden, macht aber beide Weichen fest, verhindert dann die Bewegung von Signal 1 und 3, lässt dagegen Signal 2 beweglich. —

An dieser Stelle sei zum Schluss nochmals daran erinnert, dass eine bestimmte Stellung einer Weiche theils deshalb erforderlich sein kann, weil durch sie die Fahrbahn für den erwarteten Zug hergestellt wird; theils aber auch deshalb, damit von einem anderen Gleis kein sich in diesem bewegendes Fahrzeug in die Fahrbahn jenes Zuges gelangen kann. —

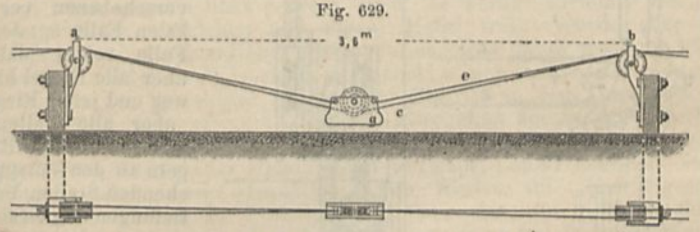
c) Der Zentral-Stell-Apparat von C. Frischen

ist bereits auf mehren Bahnhöfen im Gebrauch, u. a. auf dem Bahnhof Buckau bei Magdeburg 1; der dortige, im Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnwesens u. s. w., Jahrg. 1875 beschriebene Apparat mit

16 Hebeln für 12 verschiedene Zug-Richtungen wurde Juni 1874 aufgestellt. Die wesentlichen Theile des Frischen'schen Apparates sind an sich sehr einfach und in jedem einzelnen Falle dieselben, sie lassen sich aber, den wechselnden Verhältnissen entsprechend, in sehr mannichfacher Weise unter einander verbinden.

Zum Feststellen der Weichen werden Weichen-Riegel benutzt. Jeder Weichen-Riegel ist aus 2 Theilen gebildet, deren 1. eine (in ähnlicher Weise wie Q in Fig. 607) durch eine Stange mit der Zungenschiene verbundene Eisenschiene ist, während der 2. Theil in einer gusseisernen Büchse eine unmittelbar über jener Schiene liegende drehbare, gusseiserne Scheibe enthält, die an ihrer Unterseite mit einer halbkreisförmigen Nase versehen ist, mit der sie bei geeigneter genauer Stellung der Schiene sich in die eine oder die andere von 2 an der Oberseite der Schiene befindlichen Nuthen einlegen kann, wodurch Schiene und Weichenzunge mechanisch fest gemacht werden. Bei nicht vollkommen richtiger Stellung der Zungenschiene stösst die Nase gegen den massiven Theil der Schiene und dann kann sich die Scheibe nicht drehen. Die Drehung der Scheibe und die Stellung der Signal-Flügel erfolgt durch über Rollen laufende Ketten ohne Ende, die, wenn sie von grösserer Länge sind, mittels der in Fig. 629 dargestellten eigenthümlichen Spann-Vorrichtung gegen Spannungsänderungen durch Temperaturwechsel geschützt werden. Die Enden

Fig. 629.



des Zugdraths sind an ein Gewicht g gelegt, das mit einer Rolle auf dem 2. Strange aufliegt; beide Stränge laufen über 2 Rollen a und b, deren Abstand von einander nach der Gesammtlänge des Zugdraths bemessen wird; man wählt $ab = (10 + n)$ Meter, wenn die Gesammtlänge $= (150 + n \,.\, 30)$ Meter ist. Der mit der Längenänderung wechselnde Winkel cbe schwankt zwischen -20^0 und $+30^0$ C. zwischen 1^0 und 8^0. Die Zugdrähte Z (Fig. 630) werden durch die am unteren Theile des Zentral-Apparats angebrachten Handhebel H bewegt.

Der Frischen'sche Zentral-Apparat dient zugleich, soweit erforderlich, als Block-Signal-Apparat und als Deckungs-Apparat; daher sind, ähnlich wie bei den Block-Apparaten, am oberen Theile eben so viele Fensterchen wie Hebel H vorhanden; es werden aber elektrische Signal-Apparat-Sätze mit weiss und rother Bildscheibe blos hinter so vielen Fenstern aufgestellt, als elektrische Signale zu geben und zu empfangen sind.

Wieder wird vom Induktor eine längere Reihe von Wechselströmen in die eine oder die andere Leitung entsendet, wenn der betreffende Knopf k (Fig. 630, 631) niedergedrückt und die Induktor-Kurbel umgedreht wird. Der Knopf k kann nur dann niedergedrückt werden, wenn der zugehörige Hebel M rechts steht; nach der die Einfahrt erlaubenden Stromsendung wird der Hebel M in seiner Lage bis zum Eintreffen der die Meldung von der erfolgenden Einfahrt bringenden und deshalb den Zentral-Apparat wieder blockirenden Ströme festgehalten.

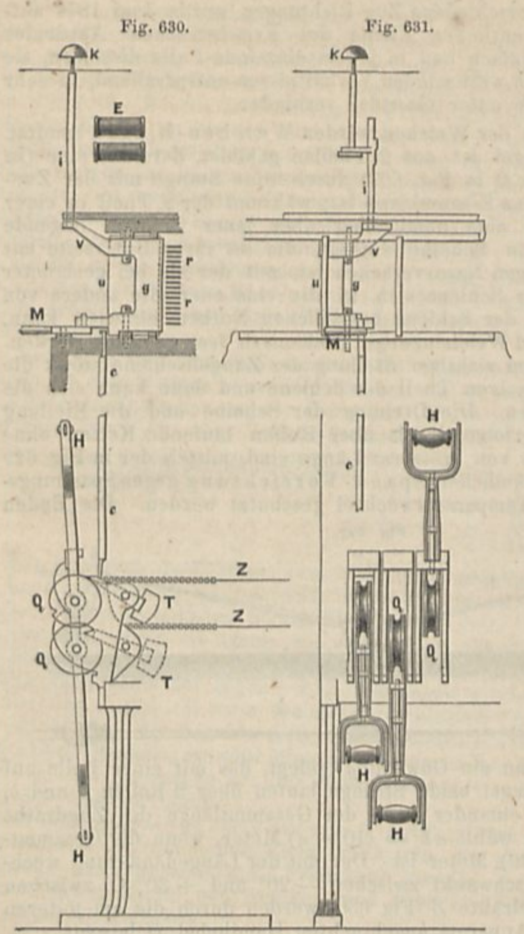


Fig. 630. Fig. 631.

Es ist ausserdem jeder Hebel *M* durch einen Winkelhebel *g* noch mit 3 anderen Organen mechanisch gekuppelt, nämlich: 1. mit einer Stange *c*, die die Einlegung eines mit Gegengewicht ausgerüsteten Sperrkegels *T* in den Ausschnitt der mit dem zugehörigen Handgriff *H* fest verbundenen Scheibe *Q* vermittelt; 2. mit einem von ihm nach links oder rechts verschobenen horizontalen Riegel *r* (Fig. 632) und 3. mit einer von ihm vor oder zurück verschobenen vertikalen Falle *u*. Jede Falle reicht dabei über alle Riegel hinweg und jeder Riegel über alle Fallen. Während in den Riegeln an den entsprechenden Stellen Vertiefungen angebracht sind, werden an den Fallen da, wo erforderlich, Nasen *n* angesetzt. Durch Bewegung des Hebels *M* nach links verschiebt sich der Winkelhebel so, dass ein an ihm sitzendes Keilstück die Stange *c* nach abwärts drängt, den Sperrkegel in die Scheibe *Q* einlegt und so die Bewegung von *H* unmöglich macht. Auf diese Weise wird bewirkt, dass ein Hebel *M* nicht nach rechts bewegt werden kann, sobald eine Nase seiner Falle auf eine volle Stelle irgend eines Riegels und so lange irgend eine Nase einer anderen Falle in eine Vertiefung seines Riegels eingerückt ist; und nicht nach links, sobald der Sperrkegel *T* einer vollen Scheibe *Q* gegenüber steht, was stattfindet, sobald das Signal mittels des Hebels *H* auf „Frei“ gestellt wurde.

Fig. 632.

Damit der Zentral-Apparat zugleich als Block-Apparat dienen kann, tragen die Winkelhebel *g* oben geschweifte Ansätze *v*, die mit einem Loch versehen sind, in welches die

Stange *i* eintreten können muss, wenn der Knopf *k* niedergedrückt werden soll; wie erwähnt, kann dies nur geschehen, wenn Hebel *M* rechts steht. Wird beim Niederdrücken des Knopfes *k* die Induktions-Kurbel gedreht, so wird die Stange *i* in ihrer tiefen Stellung auf elektrisch-mechanischem Wege fest gemacht, und dadurch ist auch der Hebel *M* rechts fest gemacht; die mit der Stange *i* verbundene Block-Scheibe lässt jetzt im Fensterchen Weiss sehen, als Zeichen, dass nach aussen die Erlaubniss zur Einfahrt ertheilt wurde. Ebenso kann jetzt, weil das Gegengewicht den Sperrkegel *T* aus *Q* ausgehoben hat, das Einfahrts-Signal mit der Hand gegeben werden. So lange aber das beabsichtigte Signal einen auf ein früher gegebenes Signal fahrenden Zug gefährden könnte, oder so lange eine Weiche für den erwarteten Zug noch nicht richtig steht, lässt *M* sich nicht rechts drehen, weil die Nasen an seiner Falle nicht auf Ausschnitte der Riegel treffen, oder weil sein Riegel durch eine Nase festgehalten wird; dann lässt sich also weder der Knopf *k* niederdrücken, noch mit dem Hebel *H* das Signal ziehen. Hat der Wärter am Deckungs-Apparat den Zug einfahren lassen, so entblockirt er seinen Vordermann und blockirt zugleich sich und den Zentral-Apparat wieder; in letzterem löst der Elektromagnet *E* die Sperrung aus, es geht daher das Stäbchen *i* durch Federwirkung empor und im Fenster erscheint wieder „Roth“. Erst jetzt wird der Hebel *M* wieder frei beweglich, und wenn er nach links gedreht wird, so werden auch die von ihm festgemachten Weichen und Signal-Hebel frei. Wurde aber das Fahr-Signal mit dem Hebel *H* gegeben, so muss dieses erst auf „Halt“ gestellt werden, weil ja sonst der Hebel *M* sich nicht links bewegen kann, da der Sperrkegel *T*, dem der Eintritt in den Ausschnitt der Scheibe *Q* noch verwehrt ist, das Niedergehen der Stange *c* verhindert; auch in diesem Falle ist der Signal-Hebel *H* wieder fest gemacht. Bei etwa eintretender Gefahr kann übrigens jedes gegebene Fahr-Signal sofort und ohne weiteres wieder auf „Halt“ gestellt werden. Ebenso ist Fürsorge getroffen, dass im Nothfall durch Oeffnen des Apparates dem Weichen-Wärter eine fest gemachte Weiche zum Stellen wieder freigegeben werden kann. (Vergl. S. 394).

Ein weiteres gegenseitiges Festmachen der Hebel *H* wird in einzelnen Fällen durch sogen. Ketten-Kuppelungen vermittelt; es sind das gusseiserne Kästchen, in welchen sich Schieber mit Rollen befinden. Von dem Zugdrath des einen Hebels *H* aus läuft eine Kette über diese Rollen nach dem Rückzugsdraht eines anderen Hebels *H* hin; giebt man, nachdem man vorher den 2. Hebel gezogen hatte, um eine Weiche zu verschliessen, mit dem 1. Hebel ein Signal, so wird dadurch die Kette, die ursprünglich schlaff herabhing, angezogen; es ist also dann nicht mehr möglich die Weiche zu entriegeln, wenn nicht zuvor das betreffende Signal zurückgenommen wird. —

Wird ein Frischen'scher Zentral-Apparat für einen grösseren Bahnhof eingerichtet, so werden seine einzelnen Theile so angeordnet und mit einander verbunden, dass folgenden Bedingungen dabei genügt wird:

1) Stehen die noch ausserhalb des Bahnhofs, an dessen Eingange aufgestellten Einfahrts-Signale auf „Halt“, dann sollen die im Innern des Bahnhofs liegenden Weichen dem Bahnhofs-Personal zum Rangiren u. s. w. zu vollkommen freier Verfügung stehen.

2) Bevor ein äusseres Signal auf „Frei“ gestellt und damit die Einfahrts-Erlaubniss ertheilt werden kann, müssen alle den einfahrenden Zug möglicherweise gefährdenden Signale und Weichen im Bahnhof nicht nur richtig gestellt, sondern auch in ihrer richtigen

Stellung mechanisch festgemacht werden, alle übrigen den einfahrenden Zug nicht gefährdenden Signale und Weichen aber sollen dem Bahnhofs-Vorstande zu voller freier Verfügung bleiben.

3) Nach Wiedereinziehung des „Frei" am äusseren Signal und nach der Feststellung dieses Signals auf „Halt" soll der Bahnhofs-Vorstand alle bisher festgestellten Signale und Weichen im Bahnhof vom Zentral-Apparat aus sofort wieder lösen können. Die äusseren Signale sind dabei als gewöhnliche Block-Signal-Apparate mit Arretirung der Signal-Flügel vorausgesetzt; die inneren Signale dagegen können, wenn sie in geeigneter Nähe liegen, vom Zentral-Apparate aus unmittelbar gezogen werden. Die Weichen stehen einerseits in der früher angegebenen Weise in mechanischer Verbindung mit einem, neben dem die Weichen-Zunge bewegenden Weichen-Hebel aufgestellten Signalkästchen, andererseits mit der Kettenrolle eines Weichen-Riegels, damit durch erstere Verbindung die Stellung der Weiche auf elektrischem Wege, durch die letztere auf mechanischem Wege kontrolirt und festgemacht werden kann.

Das Verständniss und die Bedienung des Apparats wird durch Anstrich der Hebel und der über ihnen oberhalb der Hebel *M* angebrachten Tafeln erleichtert. Die Weichen-Hebel zeigen in ihrer Ruhelage dem Beschauer Weiss, d. h. die Weichen sind frei beweglich, die Signal-Hebel dagegen Roth, d. h. die Signale stehen auf „Halt". Die Tafeln werden für verschiedene Zugrichtungen mit ungleichen Farben gestrichen, theils das ganze Feld glatt, theils (für die Güterzüge) nur mit einzelnen Strichen, deren schräge Lage im Sinne eines gezogenen Signal-Armes zugleich die Zug-Richtung andeutet. —

14. Signale auf dem Bahnhofe beim Rangiren.

a) Akustische, mit der Mundpfeife oder dem Horn, sind in folgender Weise zu geben:

Vorziehen.	Ein langer Pfiff oder Ton, ———
Zurückdrücken.	Zwei mässig lange Pfiffe oder Töne, ——— ———
Halt.	Drei kurze Pfiffe oder Töne schnell hinter einander, ◡ ◡ ◡

b) Optische sind in nachstehender Weise mit dem Arm zu geben:

	bei Tage:	bei Dunkelheit:
Vorziehen.	Senkrechte Bewegung des Armes von oben nach unten.	Senkrechte Bewegung der Handlaterne von oben nach unten.
Zurückdrücken.	Wagerechte Bewegung des Armes hin und her.	Wagerechte Bewegung der Handlaterne hin und her.
Halt.	Kreisförmige Bewegung des Armes.	Kreisförmige Bewegung der Handlaterne.

Ausser den vorstehend erwähnten einfachen Rangirsignalen sind auf verschiedenen Bahnen, z. B. auf der Main-Neckar-Bahn, auch Signale mit einer Signaltrompete eingeführt worden, welche nicht nur eine grössere Mannichfaltigkeit in den Signalen ermöglicht, sondern auch gestattet, dass denselben eine gewisse Melodie untergelegt wird.

7. Anordnung der Bahnhöfe.

1. Wahl und Eintheilung der Stationsplätze.

Bereits bei der Tracirung der Bahn ist die Anlage der Bahnhöfe sorgfältig zu erwägen. End- und Haupt-Zwischen-Punkte werden durch das Programm vorgeschrieben; die Frage, ob es vortheilhaft ist, mit Hülfe von Umwegen weitere Zwischenorte zu berühren, entscheidet sich nach dem Verkehr, den man von diesen Orten erwartet oder den man durch ihre Berührung hervor zu rufen hofft. Im allgemeinen wird man Umwege zur Berührung von Zwischenorten um so mehr vermeiden, je mehr ein grosser durchgehender Verkehr für die Bahn in Aussicht steht. — Bei Bahnen von sekundärer Bedeutung, die zur Verbindung von Hauptbahnen und zur Ausbildung eines Netzes dienen, treten hingegen die Lokal-Interessen mehr in den Vordergrund, weil gerade auf dem Lokalverkehr die Rentabilität solcher Linien beruht. — In schwach bevölkerten Gegenden wird die Minimalentfernung zweier Stationen (Blockstationen) durch die Betriebsanforderungen vorgeschrieben; wohl in keinem Falle wird man die Entfernung von 2 Nachbar-Stationen grösser als 30 Km wählen.

Der Verkehr eines Bahnhofs zerfällt in 2 Theile:

a) den Personenverkehr, welchem die Expedition von Gepäck nnd Eilgut hinzu zu rechnen ist;

b) den Güterverkehr, umfassend Stückgüter, Produkte und Vieh.

Nach dieser Eintheilung sind für jeden Bahnhof die besonderen Einrichtungen abzuwägen, wobei man auf grossen Stationen auf eine klare Trennung der Anlagen für den Personen- und Güterverkehr hinzuwirken, dagegen auf kleineren Stationen bis zu gewissem Grade eine Gemeinschaftlichkeit in jenen Einrichtungen anzunehmen hat.

Ausser den Einrichtungen für den Verkehr kommen in Betracht die Vorkehrungen und Baulichkeiten für die Verproviantirung und Unterbringung der Betriebsmittel. Hierher gehören die Lokomotivschuppen, Wasserstationen, Koaksschuppen bezw. Kohlenbühnen; diese Anlagen sind so zu situiren, dass die Versorgung der Lokomotiven möglichst leicht ist und dieselben nach und von allen Zügen bequem hin und zurück gelangen können.

Auf den Zentralbahnhöfen kommen noch Gebäude für die in Reparatur befindlichen Lokomotiven und Wagen hinzu. Eine direkte Verbindung dieser Gebäude mit den übrigen Bahnhofs-Anlagen ist nicht gerade geboten, vielmehr zum Schutze gegen Feuersgefahr eine gewisse Abtrennung in geschlossener Anlage für sie erforderlich.

Die im Vorstehenden bereits angedeutete Zerlegung grösserer Bahnhöfe in einzelne Verkehrs- bezw. Betriebs-Komplexe erstreckt sich endlich noch auf die Absonderung der Anlagen für den Rangirverkehr. Während man die dem Personenverkehr dienenden Anlagen, und bis zu einem gewissen Grade auch die für den Güterverkehr, selbst mit Aufwendung von Opfern dem Verkehrs-Schwerpunkt grosser Städte möglichst nahe bringen wird, ist für die Anlagen für den Rangirverkehr, sowie für die Werkstätten-Anlagen eine so weite Abzweigung nach ausserhalb zulässig, als die Mehrkosten des Grunderwerbs diese erforderlich erscheinen lassen. Beispielsweise ist für den Bahnhof Hannover folgende Zerlegung gewählt worden: Personen-Bahnhof, Güter-B., Produkten-B., Rangir-B., Werkstätten-B. Während der Personen-B. im Zentrum der Stadt liegt, reihen sich in

der vorstehenden Aufeinanderfolge die übrigen Bahnhofstheile in westlicher Richtung an den Personen-Bahnhof an, wobei eine 5 Km entfernte Lage des Werkstätten-Bahnhofs sich ergeben hat.

Verschiedene Benennung der Bahnhöfe. Bezüglich der Grösse oder der Verkehrsbedeutung der Bahnhöfe (Stationen) sind durchgeführte Klassifizirungen nicht üblich. Sprachgebrauch ist es, Stationen kleinsten Umfangs, an denen nur einzelne Züge halten und ein Güterdienst nicht eingerichtet ist, als Haltestellen zu bezeichnen. Andererseits pflegt man solche Haupt-Bahnhöfe, an denen sich zugleich die Haupt-Werkstätten und Magazine der ganzen Bahn, ferner die Geschäftslokale der oberen Bahnverwaltung befinden, Zentralbahnhöfe zu nennen.

Mit Bezug auf die Lage der Bahnhöfe unterscheidet man: Endbahnhöfe, Zwischenbahnhöfe und Trennungs- bezw. Anschlussbahnhöfe. Die Anordnung ist in jedem Falle entweder lediglich die einer Durchgangs-Station oder ganz oder theilweise die einer Kopfstation.

Für die Projektirung der Bahnhöfe sind folgende Bestimmungen der Techn. Vereinb.*) von Wichtigkeit.

§ 52. Normalprofil. Siehe die betr. Angaben auf S. 208 b.

§ 53. Tracirung der Bahnhöfe. Die Bahnhöfe sollen in der Regel eine horizontale Strecke, womöglich von 900 m, mindest. jedoch im flachen und Hügellande von 550 m, im Gebirge von 180 m erhalten. Im flachen und Hügellande sollen hiervon mindest. 180 m in gerader Linie liegen. — Grössere Steigungen als 1 : 400 (2,5 ‰) sollen auf Bahnhöfen nicht vorkommen; jedoch können da, wo sehr lange Züge mit einander kreuzen, die Endweichen auch in grössere Neigungen gelegt werden. Für Ausziehgleise ist eine Neigung bis 1 : 80 (12,5 ‰) zulässig.

§ 54. Trennung der Anlagen. Auf den grösseren Bahnhöfen sind die Anlagen für die Beförderung der Personen von denen für die Frachtgüter und Produkte zu sondern. Beide erhalten getrennte Auf- und Abfahrten. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass die Uebersicht über das Ganze nicht verloren gehe und das Ordnen gemischter Züge ohne grossen Zeit- und Kraftaufwand erfolgen kann. Wünschenswerth sind solche Einrichtungen, welche die Expedition und Beförderung der Eilgüter mit den Personenzügen erleichtern.

§ 55. Zwischen-Bahnhöfe. Von den Zwischen-Bahnhöfen sollen die folgenden 4 Bedingungen erfüllt werden: a) dass Züge dieselben, ohne anzuhalten, mit Sicherheit durchfahren können; b) dass Züge nie unnöthig Ausweichkurven durchfahren; c) dass Züge, welche sich begegnen, einander sicher ausweichen können; d) dass Züge möglichst wenig Weichen gegen die Spitze befahren.

§ 58. Anschluss-Bahnhöfe. Treffen 2 oder mehre Bahnen zusammen, so ist eine vollständige Vereinigung der Bahnhöfe wünschenswerth, andernfalls sind mindest. die Personenbahnhöfe an einander zu legen etc.

§ 59. Kopfstationen. Nur bei Vereinigung mehrer Linien, deren Betrieb in dem Bahnhofe endet, bei Einmündung von Zweiglinien bezüglich dieser, und in Fällen, wo es wünschenswerth ist, die Bahnhofsanlagen dem Zentrum grosser Städte näher zu rücken, sowie unter besonderen örtlichen Verhältnissen können Kopfstationen zweckmässig sein. Bei denselben ist jedoch eine Verbindung der verschiedenen Bahnen ausserhalb des Bahnhofs für durchgehende Güter- oder ähnliche Züge nothwendig.

§ 62. Entfernung der Gleise. Als geringste Entfernung der Gleise von M. z. M. werden auf Bahnhöfen 4,5 m als wünschenswerth erkannt. Für Hauptgleise, zwischen denen Perrons anzulegen sind, ist eine Entfernung von mindest. 6 m von M. z. M. zu empfehlen. Für kleinere Bahnhöfe und Haltestellen ist hierfür als geringstes Maass 5 m zulässig.

Einige Bestimmungen des Bahnpolizei-Reglements f. d. Eisenb. Deutschlands sind für die Anordnung der Bahnhofsanlagen obligatorisch; dieselben lauten:

§ 2. Sämmtliche Gleise, auf welchen Züge bewegt werden, sind in solcher Breite frei zu halten, dass mindest. das Normalprofil des lichten Raumes (Pag. 208 b) für die freie Bahn und für die Bahnhöfe vorhanden ist. — In wie weit Abweichungen hiervon zu gestatten sind, bestimmt der Bundesrath. An Ladegleisen, welche nicht von durchgehenden Zügen befahren werden, kann nach Art ihrer Benutzung eine Einschränkung des Normalprofils von der Aufsichtsbehörde zugelassen werden.

§ 3 alin. 4 u. 5. In den Hauptgleisen für durchgehende Züge sind Drehscheiben und Schiebebühnen mit versenkten Gleisen unzulässig. — Die Kreuzung einer Bahn durch

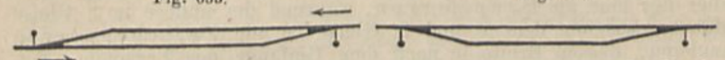
*) Nach den Beschlüssen der VII. Techniker-Versammlung zu Konstanz (1876).

eine andere Bahn soll ausserhalb der Stationen thunlichst nicht in gleicher Ebene der Schienen, sondern durch Ueberbrückung hergestellt werden.

2. Allgemeine Anordnung der Bahnhöfe.

a) Haltestellen. Haltestellen dienen entweder zur Vermittelung eines geringen Personenverkehrs allein, oder es werden auch Güter und Produkte dort aufgenommen und abgegeben. Im ersteren Falle beschränkt sich die Einrichtung darauf, dass mit der Wohnung des Bahnbeamten einfache Expeditions- und Warteräume verbunden werden. Hat eine Haltestelle auch Güter- und Produkten-Verkehr zu vermitteln, so sind Weichen, Nebengleise, Rampen und ein gewisser Güterboden-Raum nicht zu entbehren. Liegt in diesem Falle die Haltestelle in 1 gleisiger Bahn, so ist die Bildung des 2. Gleises der Haltestelle nach Schema Fig. 633 und nicht nach Schema Fig. 634

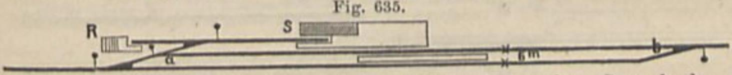
Fig. 633. Fig. 634.



zu bewirken, weil (selbstversändlich unter Voraussetzung des Rechtsfahrens) bei der Anordnung Fig. 633 die einfahrenden Züge, welche stets die Weichen gegen die Spitze zu befahren haben, in beiden Richtungen die Befahrung des gekrümmten Weichenstranges vermeiden. Die statistischen Erhebungen weisen aber nach, dass beim Passiren von Weichenspitzen Unfälle durch Entgleisungen fast nur dann eintreten, wenn der Zug in den gekrümmten Strang abgelenkt werden muss.

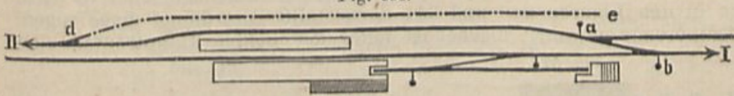
Für eine Haltestelle auf 1 gleisiger Bahn mit Personen- und Güterverkehr ergiebt sich etwa die Anordnung Fig. 635. Das

Fig. 635.



Stationsgebäude *S* enthält in einem Anbau links den Güterboden; *R* ist die Laderampe; das sog. 2. Gleis *a b* muss eine Länge zwischen den Weichen erhalten, welche der grössten Zuglänge entspricht; im flachen Lande genügt hierfür unter allen Umständen die Länge von 600 m (150 Achsen à 4 m gerechnet); bei Gebirgsbahnen tritt entsprechende Verkürzung ein. — Bei Haltestellen in 2 gleisiger Bahn ist zunächst wiederum ein Hauptgewicht darauf zu legen, das Fahren gegen die Weichenspitzen möglichst zu vermeiden; bei der Anordnung der Weichen ist ferner darauf zu rücksichtigen, ob der Güterverkehr vorzugsweise nur in einer Richtung sich bewegt, oder ob derselbe in beiden Richtungen von gleicher Bedeutung ist. Bei der Anordnung nach Fig. 636 geht der Haupt-Güter- und Produkten-

Fig. 636.



Verkehr nach der Richtung *I*; aber es können die Güterwagen mittels der Weichen *a b* auch leicht in die Richtung *II* übergeführt werden; die Anordnung ist endlich so gewählt, dass das Fahren gegen die Weichenspitze ganz vermieden wird. Das durch Punktirung angedeutete 3. Gleis *d e* soll für die in der Richtung *II* fahrenden Züge als sogen. Ueberholungsgleis dienen. Dieses Gleis ist an das Gleis *II* nur bei *d* mittels Weiche angeschlossen und es müssen

die zu überholenden Züge im Gleis *II* vorziehen und rückwärts mittels der Weiche *d* in das Ueberholungsgleis einsetzen. Eine solche Anordnung, bei der die spitzen Weichen für die in der Richtung *II* die Haltestelle durchfahrenden Personenzüge vermieden sind, würde in dem Falle dennoch nicht zu wählen sein, wenn in der *II.* Richtung hinter der Weiche *d* sofort ein starkes Gefälle läge, weil alsdann die Züge in starker Steigung rückwärts zu schieben sein würden. — Komplizirtere Verhältnisse, als die vorstehend erörterten, dürften bei Haltestellen im allgemeinen nicht vorkommen.

b) Durchgangs-Zwischenstationen. Das ältere Prinzip, wonach man meistens mit den Zügen beider Richtungen am Hauptperron, auf dem das Hauptgebäude sich befindet, anzufahren pflegte, ist neuerdings vollständig verlassen worden, da man es im Interesse der Sicherheit für erforderlich hält, jedes Hauptgleis nur in einer Richtung zu befahren. Von 2 auf der Station kreuzenden Zügen hält daher der eine am Hauptperron, während der andere im 2. Gleise anfährt; zwischen dem 1. und 2. Gleise ist ein Zwischenperron anzulegen, dessen Breite je nach dem Umfange des Personen-, Gepäck- und Post-Verkehrs zu wählen ist. In Fig. 637 sind die Grenzen für die Entfernung der Hauptgleise von einander, bezw. des *I.* Hauptgleises vom Hauptgebäude eingeschrieben; die angegebenen Grenzwerthe von 8, 6 bezw. 4^{m} sollten in keinem Falle unterschritten werden. Mündet in die Station eine Seitenroute ein, für welche jene die Endstation bildet, so erfolgt die Anordnung eines 2. oder selbst 3. Zwischenperrons nach Fig. 638, wenn die Einmündung der Seiten-

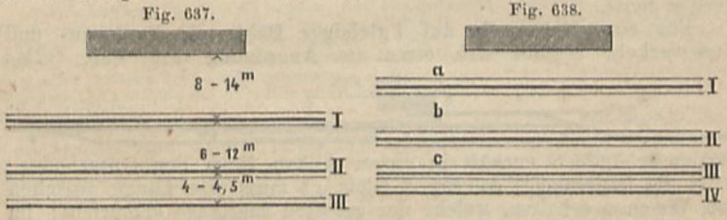


Fig. 637. Fig. 638.

linie auf der dem Stationsgebäude abgekehrten Seite der Hauptgleise geschieht Mündet die Seitenroute an der dem Hauptgebäude zugekehrten Seite der Hauptgleise ein, so erfolgt gewöhnlich die Anordnung sogen. Zungenperrons seitlich des Empfangsgebäudes. (Fig. 639.) Ist für die Seitenroute ein Anfahrtsgleis (*IV*) und ein besonderes Abfahrtsgleis (*V*) vorhanden, so muss sich eine Perronzunge auch auf der Seite *a a* entlang erstrecken.

Wenn sich 2 durchgehende Linien bei einer Station kreuzen, so kann sich die eine Linie an die andere entweder nach Skizze Fig. 638 mit einem 2. und 3. Zwischenperron seitlich anlehnen, oder es wird die in den Figuren 640 und 641 dargestellte Anordnung eines sogen. Inselperrons gewählt; hierbei ist jeder der beiden Hauptrouten eine

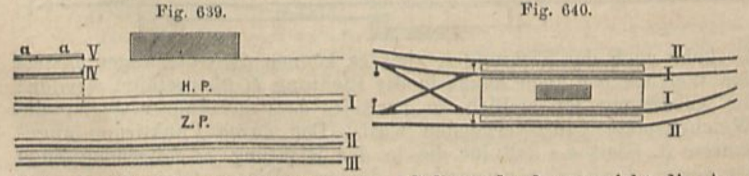
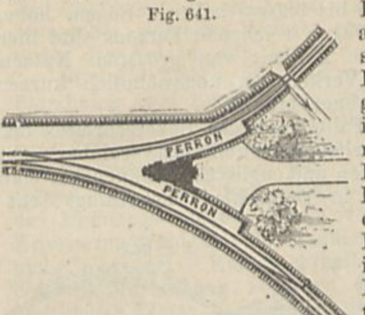


Fig. 639. Fig. 640.

Seite des Hauptperrons zugewiesen. Selbstredend entspricht die Anordnung der Inselperrons auch dem (bereits gedachten) Falle, dass

die eine einmündende Route nur eine Seitenlinie bildet, die Station also nur Trennungs-Station und nicht eigentlich Knotenpunkt ist. —

Fig. 641.

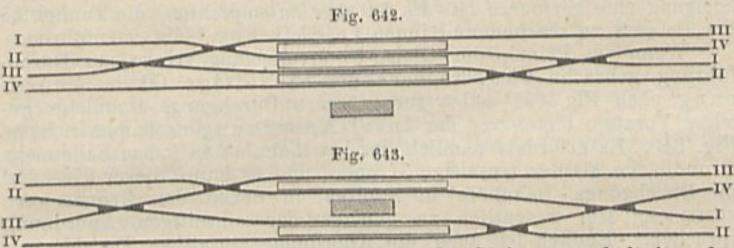


Die Kreuzung von 2 Routen kann ausserhalb der Station dadurch geschehen, dass die eine Bahn mittels Brückthors über die andere fort geführt wird; diese Anordnung ist in Bezug auf die Betriebs-Sicherheit rationell, jedoch meist kostspielig. Bei durchgeführter Blockirung der Hauptweichen und Einfahrts-Signale der Station ist es unbedenklich, die Kreuzung auch innerhalb der Station im Niveau der Gleise auszuführen. Die Kreuzung ausserhalb der Station im Niveau der beiderseitigen Schienen vorzunehmen, ist schon deswegen unrationell, weil nach § 27 des B.-Pol.-Reglem. die Züge mindestens einer Linie stets vor der betr. Kreuzung zum Halten gebracht werden müssten.

Bei einer Niveaukreuzung von 2 Linien innerhalb einer Station können zweierlei Lösungen insofern in Betracht kommen, als sich beide Bahnarme entweder an eine Seite des Empfangs-Gebäudes anlegen, daselbst also ausser dem Hauptperron 2 bis 3 Zwischenperrons erforderlich machen, oder als die Bahnen je eine Seite eines Insel-Perrons einnehmen. In beiden Fällen kann es zuweilen, sowohl wegen

Fig. 642.

Fig. 643.



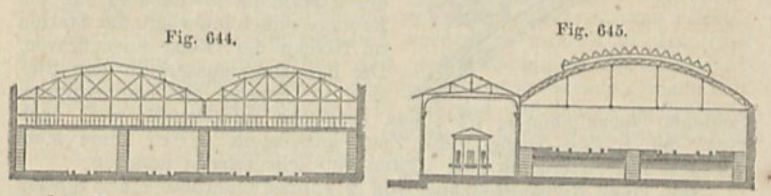
der Lage der Fahrpläne, als auch wegen der Steigungsverhältnisse der anschliessenden Bahnstrecken erwünscht sein, die Gefahren, welche durch die Ueberkreuzung der Bahnen für die einfahrenden Züge möglich sind, zu beseitigen. Es ist alsdann unter den in Fig. 642 u. 643 skizzirten beiden Lösungen zu wählen, bei denen einfahrende Züge an keinem der beiden Bahnhofs-Enden mit einander kreuzen. Beim Inselbahnhof (Fig. 643) kommt jedoch bei der skizzirten Anordnung die erwünschte Möglichkeit der Benutzung je einer Bahnhofsseite für eine Bahnverwaltung in Fortfall. —

In allen vorstehend, Fig. 635—643, skizzirten Fällen muss, so bald nicht anderweite Vorkehrungen getroffen werden, das Publikum die vorliegenden Gleise im Niveau überschreiten, um zu den Zwischen-Perrons zu gelangen. Die Anordnung Fig. 637 ausgenommen, wo mehre Zwischenperrons vorhanden sind, ist es auch unbedenklich, das Publikum über das 1. Gleis zum Zwischenperron gehen zu lassen, da man theils die Kreuzung von 2 Zügen derselben Linie innerhalb der Station vermeiden wird, andrerseits auch Vorkehrungen möglich sind, welche das Ueberschreiten des einen Gleises ungefährlich machen. Zu dem Zwecke empfiehlt sich die Anlegung markirter Uebergänge.

In allen den Fällen, in denen das Publikum die Gleise überschreiten soll, muss voraus gesetzt werden, dass die Perrons keine grössere Höhe über S. O. als 210 bis 380mm haben. Sogen. hohe, bis nahe zur Fussbodenhöhe der Wagen reichende Perrons sind hier unzulässig. Andrerseits sind hohe Perrons von grösstem Nutzen bei Stationen, auf welchen der Verkehr in ungewöhnlich kurzer Zeit erledigt werden muss (Stadtbahnen etc.).

In dem in Fig. 637 skizzirten Falle kann das Ueberschreiten der sämmtlichen Gleise als mit der Sicherheit des Publikums vereinbar nicht angesehen werden. Auf französischen und englischen Bahnen hat man deshalb bereits seit längerer Zeit, in Deutschland neuerdings, ent-

Fig. 644. Fig. 645.



weder Fussgänger-Brücken angelegt, welche, unter Freilassung des Normalprofils, hoch liegen, oder tief liegende Tunnel-Passagen. In beiden Fällen werden alle Perrons durch Treppen-Anlagen mit dem kreuzenden Werke verbunden (Fig. 644 u. 645).

Tunnel haben im allgem. den Vorzug, weil sie die Uebersicht des Bahnhofs weniger behindern als Brücken und weil die verlorene Steigung eine geringere ist. Es ist aber zu empfehlen, die Tunnel 3,5 bis 7m weit zu machen und ihnen reichliches Licht zuzuführen.

Wenn das Prinzip der Gleise-Untertunnelung streng zur Durchführung gebracht wird, so kann die einseitige Gleis-Anordnung nach Fig. 638 selbst für grössere Durchgangs-Bahnhöfe gewisse Vorzüge bieten vor der Insel-Anordnung nach dem Schema Fig. 640. Es erfordert nämlich der Inselbahnhof in jedem Falle mehr Grundfläche als der einseitige Bahnhof und es kann dieser Umstand für Durchgangs-Bahnhöfe in Städten, in denen der Grunderwerb kostspielig ist, wesentlich zu gunsten der einseitigen Anordnung sprechen. Endlich ist auch die Anordnung einseitiger Durchgangs-Bahnhöfe häufig empfehlenswerth, wenn die Schienen beträchtlich über dem Niveau der Zufahrts-Strassen liegen. In diesem Falle legt man das Vestibül in Höhe der Tunnelsohle an und es kann dann das Publikum direkt ohne verlorene Steigung die Perronhöhe gewinnen.

Bei vorhandener Höhendifferenz zwischen den Expeditions-Räumen und den Perrons, oder allgemein, wenn der Uebergang der Passagiere sowohl als der Gepäckkarren über die Gleise ausgeschlossen bleiben soll, dienen zur Bewegung des Gepäcks oder der Eilgüter (auch Postpäckereien) besondere Tunnel-Anlagen, welche mit Schächten auf die Perrons ausmünden; Aufzüge befördern die Gepäckkarren von unten nach oben und umgekehrt. — Bei der Untertunnelung der Perrons hat man endlich den Vortheil, dass man besondere Perrons für das Aufziehen und Verschieben der Gepäckwagen anordnen kann, wodurch die für das Publikum bestimmten Perrons von dem Verkehr jener Wagen frei gehalten werden. —

Nachdem vorstehend die Anlagen für den Personenverkehr auf den Zwischenstationen erörtert worden sind, erübrigt es, die Prinzipien für die Anlage der den sonstigen Verkehrs- und Betriebszweigen dienenden Gleise und Gebäulichkeiten zu entwickeln.

Zunächst kommt hierbei der Güterverkehr in Betracht. Die für den geringen Verkehr einer Haltestelle ausreichende Disposition, den Güterschuppen als Anbau des Empfangs-Gebäudes zu behandeln, genügt bei grösserem Verkehr nicht mehr, sondern es ist eine Trennung der Anlagen für Güter- und Personen-Verkehr erforderlich.

Für die Lage der Güter-Schuppen sind bei einarmigen Bahnhöfen zwei Anordnungen möglich. Der Schuppen wird mit dem Stationsgebäude entweder an dieselbe Seite der Hauptgleise gelegt, oder derselbe erhält seinen Platz an der entgegen gesetzten Seite.

Erstere Anordnung hat gewisse Vortheile: Die Zufuhr zum Güterschuppen wird im allgemeinen eine bequemere, da voraussichtlich das Empfangs-Gebäude dem Orte zugekehrt liegt; es wird ferner die Erweiterungsfähigkeit des Bahnhofs auf der gegenüber liegenden Seite nicht behindert. Ein Nachtheil solcher Disposition ist jedoch der, dass die Verbindung zwischen den Güterzügen und dem Schuppen nur in der Weise herzustellen ist, dass diese Züge in den Hauptgleisen halten, oder, falls sie in besondere, jenseits der Hauptgleise gelegene Nebengleise einlaufen, die ersteren beständig überkreuzen müssen. Beides würde bei lebhaftem Personenverkehr höchst störend für den Betrieb sein. Eine Lösung derart, dass Güterschuppen und Güter-Einlaufgleise von voller Länge (600^{m} für Flachlands-Bahnen) mit dem Empfangs-Gebäude auf derselben Seite der Hauptgleise angelegt werden, führt im allgem. zu einer unerwünschten Längen-Entwickelung des Bahnhofs.

Die zweite der erwähnten Anordnungen: Lage des Güterschuppens auf der dem Empfangs-Gebäude abgekehrten Seite der Hauptgleise, verringert die Längen-Ausdehnung des Bahnhofs und macht den Güterverkehr möglichst unabhängig von den Hauptgleisen. Bei der Projektirung darf jedoch nicht — wie es bei den meisten älteren Bahnhöfen geschehen ist — eine etwaige Erweiterung der für den Güter- und Rangirdienst erforderlichen Gleise ausser Betracht gelassen werden, weil die Lage des Empfangs-Gebäudes einerseits, die des Güterschuppens andrerseits nur eine bestimmte Breite für erstere frei lässt. Endlich müssen Unzuträglichkeiten in der Anordnung der Zufuhrwege zum Güterschuppen möglichst durch Anordnung von Ueber- oder Unterführungen vermieden werden.

Bei 2-armigen (Insel-) Bahnhöfen kann der zwischen den beiden Bahnarmen (auf der Insel) gelegene Raum im allgem. für Zwecke des Güterverkehrs nicht ausgenutzt werden. Nur etwa die für den Eilgut-Verkehr bestimmten Räumlichkeiten, welche man, da die Eilgüter fast ausschliesslich mit Personenzügen befördert werden, zweckmässig in der Nähe des Empfangs-Gebäudes anordnet, würden daselbst Platz finden. Die Güterschuppen aber müssen seitlich liegen.

Hierbei kommt wesentlich in Betracht, ob die beiden Bahnarme etwa einer und derselben Verwaltung angehören oder nicht. Im ersteren Falle wird man nur einen Schuppen, u. z. auf derjenigen Seite anlegen, welche den vortheilhaftesten Betrieb ermöglicht; im anderen Falle kann die Anordnung von Schuppen auf beiden Seiten des Bahnhofs kaum umgangen werden. Für den Uebergangs-Verkehr zwischen beiden Bahnen muss der Bahnhof alsdann die nöthigen Gleis-Verbindungen erhalten. —

Neben den nur mittels der Schuppen zu verladenden Stück-Gütern bilden die sogen. Freilade-Verkehrs-Güter (Steine, Hölzer, Kohlen, Erze etc.) einen wesentlichen, vielfach sogar überwiegenden Verkehrstheil einer Station. Schutz durch Bedachung oder das Bedürfniss nach vorheriger Ansammlung für gleiche Bestimmungsorte

fällt für diese Güter im allgem. fort. Es genügt daher, Gleise und Zufuhrstrassen zu schaffen, mittels deren Fuhrwerke und Eisenbahnwagen ihre Güter durch direkte Ueberladung austauschen können.

Was die Lage der sogen. Freiladegleise (Produkten-Gleise) anbetrifft, so gilt dafür im allgem. dasselbe, was bezüglich der Lage der Güterschuppen angeführt ist. Man wird die Anlagen für Frei-Verladung mit dem Güterschuppen auf dieselbe Seite der Hauptgleise zu bringen suchen, voraus gesetzt, dass der Güterschuppen möglichst so disponirt ist, um einem frequenten Personenverkehr keine Störungen zu bereiten. Im übrigen sind hier gute Zugänglichkeit und einfachste und sicherste Art der Betriebsführung mit entscheidend.

Für das Gleis-System des Freilade-Verkehrs kommen im wesentlichen 2 Anordnungen in Betracht: die mit lang gestreckten Parallel-Gleisen, welche in der ganzen Ausdehnung durch Lokomotiven zugänglich sind und die Zufuhrstrassen neben sich haben, und die Anordnung divergirender Gleise, welche meist von einer Drehscheibe abzweigen und von Lokomotiven nicht befahren werden.

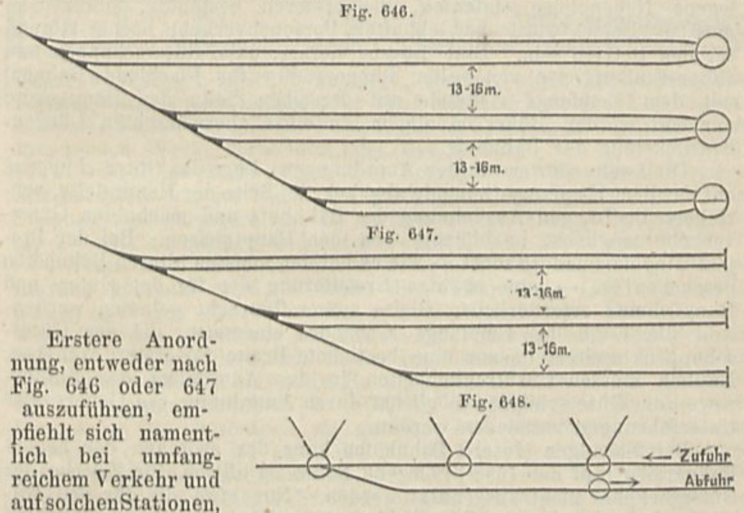


Fig. 646.

Fig. 647.

Fig. 648.

Erstere Anordnung, entweder nach Fig. 646 oder 647 auszuführen, empfiehlt sich namentlich bei umfangreichem Verkehr und auf solchen Stationen, die ohnehin Rangirmaschinen beschäftigen, da das Hineinsetzen ganzer Zug-Abtheilungen von 30 und mehr Achsen in die Parallelgleise mittels der Lokomotive und ebenso das Herausholen derselben sich dabei höchst vortheilhaft gestaltet. Die Ladestrassen-Breite ist nach den Zahlen-Angaben in den Figuren zu bemessen. Bei der Anordnung nach Fig. 646 sollen die beiden äusseren, neben den Ladestrassen liegenden Gleise zur direkten Verladung benutzt werden, während dem mittleren Gleis die entladenen (bezw. auch beladenen) Wagen mittels der End-Drehscheibe allmählich zugeführt werden.

Von vielen Verwaltungen wird die Anordnung nach Fig. 647, bei der nur je zwei Gleise in 4,5^{m} Abstand zusammen gelegt und am Kopf durch Prellböcke abgeschlossen werden, für zweckmässiger gehalten. Die Möglichkeit, einzelne Wagen abdrehen zu können, entfällt hierbei zwar. Jedem Gleis wird ein Satz Wagen zur thunlichst gleichzeitigen Ent- oder Beladung zugeführt und demnächst zusammen hängend von der Lokomotive wieder abgeholt. Indem man aber die Gleise kürzer hält, als bei der Anordnung nach Fig. 646, und die

Zahl der **Gruppen** vermehrt, vermeidet man Stockungen in der Zirkulation und Benutzung der Wagen und erreicht ferner den Vortheil, Menschen- oder Pferdekräfte zum Verschieben und Drehen der Wagen neben der ohnehin erforderlichen Lokomotivkraft entbehren zu können. Bei geringen Anforderungen des Verkehrs können sich die Systeme Fig. 646 und 647 bis auf ein einziges Gleis reduziren, das aus einem dazu geeigneten Bahnhofsgleis abzweigt.

Die Anordnung Fig. 648 ist zweckmässig behufs Ausnutzung unregelmässiger und namentlich solcher Plätze, welche sich mehr nach der Tiefe als nach der Länge des Bahnhofs erstrecken. Von einzelnen Verwaltungen (z. B. der Rheinischen Bahn) wird aber auch allgemein diesem Systeme der Vorzug eingeräumt. Wenn eine Rangirmaschine auf der Station nicht vorhanden ist, der Zugmaschine aber die Zeit fehlt, um die Verschiebung sämmtlicher Wagen bewirken zu können, wenn also die Zuhülfenahme zahlreicherer Menschenkräfte zu jenem Zwecke ohnehin erforderlich ist, wird das System wegen der Regelmässigkeit des Betriebes unter Umständen vortheilhaft. — Die Rhein. Bahn empfiehlt das System in folgender Spezial-Anordnung: In einem geraden Gleisstrange liegen in Entfernungen von 45 m sogen. Stern-Drehscheiben, von denen sich unter einem Winkel von 60° stumpfe Gleisstränge von 70 m Länge abzweigen. Parallel mit dem geraden Gleisstrange liegt im Abstand von 6 m von M. z. M. ein 2. Gleis, mittels dessen die Wagen nach der Entladung oder Beladung in die Aufstellungsgleise für die Abfahrt zurück geführt werden. Die Stern-Drehscheiben, auf welchen sich 3 Gleise kreuzen, haben bei dieser Anordnung den Vortheil, dass stets sämmtliche Gleise angeschlossen sind und die Bewegungen der Scheiben sich auf ein Minimum beschränken. Nach Ankunft der Wagen vor den Drehscheiben werden dieselben nach den kurzen Gleissträngen hin abgedreht, so dass der für die Zufuhr bestimmte gerade Strang fast ununterbrochen frei sein und in Kommunikation mit dem Abfuhrgleise stehen wird. —

Zur Verladung von Vieh, Pferden, Equipagen und von Produkten spezieller Art sind **Rampen** an Nebengleisen, 1,12 m hoch über S. O. und mit einer Neigung der Auffahrten von höchstens 80‰ so anzulegen, dass die Wagen sowohl vom Ende als auch von der Seite aus beladen werden können. Für kleine Stationen oder für bestimmte Zwecke sind **bewegliche Rampen** zu empfehlen. Dient die Rampe hauptsächlich zu einer lebhaften Vieh-Verladung, so werden neben derselben häufig eingefriedigte Plätze zur Einstallung angelegt. — Lebhafter Langholz-Verkehr fordert Rampen von relativ grosser Länge. — Es sind endlich für die Militair-Verwaltung an wichtigen Ein- oder Ausschiffungspunkten für Truppen **Militair-Rampen** anzulegen, deren Länge auf 100 m, meist jedoch grösser zu bemessen ist. Eine Kombination der Militair-Rampen mit den oben genannten ist in vielen Fällen möglich.

Rampen, die hauptsächlich für Vieh- und Equipagen-Verladung oder überhaupt für solche Verladungen dienen, welche mit Personenzügen befördert werden, sind zur Seite des Empfangs-Gebäudes anzuordnen. Rampen für Produkten-Verladung unterliegen in ihrer Anordnung den für Produkten-Gleise und Güterschuppen aufgestellten Prinzipien. Militair-Rampen müssen direkte Verbindung mit Gleisen haben, welche die für einen Militairzug erforderliche Länge (480 m) besitzen. —

Ueber eine Reihe noch anderer, dem Güterverkehr dienender Nebenanlagen enthalten die Techn. Vereinb. folgende Bestimmungen:

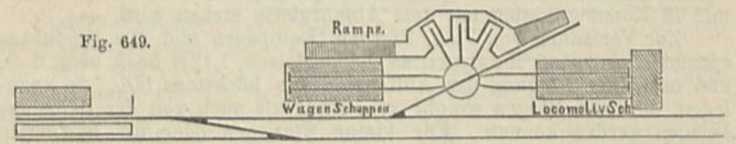
§ 83. Für die Verladung schwerer Gegenstände sind feste oder transportable **Krahne** zu empfehlen. Auch ist die Anbringung von Krahnen an einzelnen Ladethoren der Güterschuppen zweckmässig. Die Krahne sind mit der zulässi-

gen Maximalbelastung zu bezeichnen und periodisch zu revidiren. — § 84. In der Nähe der Güterschuppen oder der Produktenplätze soll sich eine Vorrichtung (Lademaass) befinden, mittels welcher die Ladungen auf offenen Güterwagen bezüglich des grössten zulässigen Ladeprofils zu kontroliren sind. — § 85. Auf jedem Haupt- und Endbahnhofe, sowie auf jedem wichtigeren Zwischenbahnhofe sind Brückenwaagen anzulegen, auf welchen sowohl Eisenbahnwagen als auch, wo es erforderlich, Frachtfuhrwerke bequem gewogen werden können.

Zu bemerken ist hierzu, dass sich die Anforderungen an die Aufstellung von Brückenwaagen nach den neuesten Tarifbestimmungen für die preuss. Bahnen wesentlich erhöht haben und Bahnhöfe mit erheblicherem Verkehr solche Waagen nicht entbehren können. Dieselben sind in einem Nebengleis so anzuordnen, dass die Wagen ohne erhebliche Umwege zu- und abgeführt werden können. —

Lokomotivschuppen sollen zu den Gleisen und Bahnhofs-Einrichtungen so belegen sein, dass die Lokomotiven auf dem kürzesten, bezw. auf dem für den Bahnhofs-Betrieb sichersten Wege nach und von den Zügen gelangen können. Bestimmte Regeln über die Stellung der Schuppen lassen sich nicht aufstellen. Wenn der Dienst der Lokomotiven vorwiegend für die Personenzüge erforderlich ist, so wird man die Schuppen auf die Seite des Empfangs-Gebäudes und bei Insel-Bahnhöfen häufig mit Vortheil auf die Insel selbst legen können. Ist dagegen der Güterzugs- und Rangirdienst der überwiegende, so sind die Schuppen auf der dem Empfangsgebäude gegenüber liegenden Seite der Gleise anzuordnen, um Kollisionen mit dem Betriebe auf den Personengleisen möglichst zu vermeiden. Zum Anschluss der Schuppen an die Bahnhofsgleise zweigt man aus einem der durchgehenden Gleise ein besonderes Gleis ab, welches durch Drehscheiben, Schiebebühnen oder Weichen mit den einzelnen Lokomotivständen in Verbindung steht. Wird der Zugang zu den Ständen durch eine aussen liegende Drehscheibe hergestellt, so lässt letztere sich unter beschränkteren Verkehrs-Verhältnissen zuweilen noch für anderweite Zwecke

Fig. 649.



mit benutzen. In Fig. 649 ist beispielsw. eine derartige gemeinsame Benutzung für einen Lokomotivschuppen mit 4 Ständen, einen Wagenschuppen und eine Vieh- und Wagenrampe gedacht. —

Wasserstationen können mit den Lokomotivschuppen zusammen hängend angeordnet werden. Nachdem man jedoch in neuerer Zeit weder Wandkrahne an den Wasserstations-Gebäuden für zweckmässig, noch auch stehende Wasserkrahne im Innern der Lokomotivschuppen für erforderlich hält, hat jene Vereinigung einen unbedingten Werth nicht mehr. Wichtiger scheint es, die W.-Station möglichst im Schwerpunkte der W.-Entnahmestellen anzuordnen. —

Die Bühnen oder Bansen zur Lagerung bezw. Entnahme des Feuerungsmaterials der Lokomotiven müssen so angeordnet werden, dass sie vom Lokomotiv-Schuppen aus auf kürzestem Wege erreichbar sind. Wenn möglich, erhalten diese Bühnen Gleis-Zugänglichkeit von beiden Seiten; auf dem einen Gleis fahren die Lokomotiven behufs ihrer Proviantirung an, während das andere Gleis zur periodischen Heranschaffung des Brennmaterials dient. Wenn ausschliesslich Kohlen-Feuerung stattfindet, werden die Bühnen nur selten überdacht. —

Wagenschuppen sind nur auf solchen Stationen anzulegen, die eine starke Reserve an Personenwagen erfordern; im allgem.

ist man in neuerer Zeit mit der Erbauung von Wagenschuppen ziemlich sparsam vorgegangen. Ihre Stellung auf dem Bahnhofe muss so gewählt sein, dass das Ordnen und Vervollständigen eines Zuges mit den aus dem Schuppen zu entnehmenden Wagen leicht und schnell, ohne vieles Hin- und Herschieben der Wagen, erfolgen kann. —

Nachdem bisher die für den Betrieb auf Zwischen-Bahnhöfen wesentlichsten Baulichkeiten angeführt worden sind, erübrigt noch ein näheres Eingehen auf die Gleisanlagen solcher Bahnhöfe.

Das weiter oben für Haltestellen nachgewiesene Bedürfniss einiger, event. nur stumpfer Nebengleise erhöht sich bei den eigentlichen Bahnhöfen insoweit, als ausser den beiden Hauptgleisen mind. 1 durchgehendes Nebengleis, im allgem. jedoch eine grössere Anzahl derselben vorhanden sein muss. Falls die Nebengleise nicht etwa selbst noch für den Personenverkehr (Anschluss-Routen) bestimmt sind, ist ihr Zweck unter den einfachsten Verhältnissen der, die Ueberholung von Zügen zu ermöglichen. — Bei wachsender Bedeutung der Station tritt das Bedürfniss auf, überhaupt selbstständige Gleise für die Einfahrt der Güterzüge und event. für die Aufstellung ausfahrender Güterzüge vorzusehen. Zu diesen Gleisen kommen ferner noch durchgehende Gleise für den Rangirdienst oder zur Passage von Lokomotiven hinzu. Die betr. Anlagen erweitern sich häufig zu einem System von 8 und mehr Gleisen mit voller Zuglänge.

Die einfachste Form, unter der die Bahnhofs-Nebengleise erforderlich werden, ist, wie erwähnt, die der Ueberholungs-Gleise. Es sind entweder Personenzüge durch Schnellzüge, am häufigsten aber Güterzüge durch Personenzüge zu überholen. Für die Güterzüge kann sodann das Ueberholen in dem weiteren Sinne aufgefasst werden, dass überhaupt die regelmässige Einführung derselben in ein Nebengleis behufs Abwickelung des Stations-Verkehrs erfolgen muss. Es tritt dann die Frage auf, in welcher Weise die hierzu erforderlichen Nebengleise mit den Hauptgleisen zu verbinden sind.

Bis vor kurzem wurde hierzu das Prinzip aufgestellt, in jedem Falle die spitz zu befahrenden Weichen möglichst zu vermeiden (bei eingleisigen Bahnen mit Ausschluss der Endweichen) und somit die Güterzüge durch Zurücksetzen in das betr. Nebengleis einzuführen. Man hat jedoch neuerdings dies Prinzip in seiner Allgemeingültigkeit fallen lassen und sieht das spitze Befahren von Weichen unter Umständen für minder gefährlich an, als das Rückwärtsschieben langer Güterzüge. — Mit Vortheil können hierzu folgende Grundsätze beobachtet werden:

a) Spitzweichen sind zu vermeiden an denjenigen Stellen, wo die Züge die Weiche aus stärkeren Gefällen kommend zu passiren haben würden und ein Ueberfahren des Bahnhofs-Abschlusstelegraphen zu befürchten ist. Ferner auf Haltestellen mit geringem Lokalgüter-Verkehr, weil daselbst die schnell fahrenden Züge meistens nicht halten und die Güterzüge bei der Aufnahme und Abgabe der Güter i. d. R. im Hauptgleise verbleiben können, ein Zurücksetzen in das Nebengleis also nur ausnahmsweise eintritt.

b) Spitzweichen sind unbedenklich anzuordnen bezw. im Interesse einer einfachen Betriebsführung erwünscht auf Bahnhöfen mit grossem Lokalverkehr, wo die Güterzüge meist im Nebengleis halten müssen. Endlich sind Spitzweichen überhaupt unentbehrlich auf solchen Stationen (auch der 2gleisigen Bahnen), auf welchen die Mehrzahl der Züge hält.

Bei grösserem Verkehr der Station erhalten die Güter-Ueber-

holungsgleise die Bedeutung von Gütergleisen überhaupt; bei grossem Verkehre endlich werden für die Güterzüge jeder Richtung besondere Einlauf- und Aufstell-Gleise erforderlich. Hiernach bedarf eine frequente Zwischenstation einer 2gleisigen Bahn 2 besondere Gleise für Güterzüge und es treten für anderweit einmündende Routen event. die besonderen Gütergleise hinzu. Die für die eigentliche Schuppen-Verladung erforderlichen Gleise, ebenso die Gleise für den Produkten- und Rampen-Verkehr, sind selbstredend bei dieser Angabe noch nicht in Betracht gezogen.

Bahnhöfe mit grösserem Verkehr bedürfen noch besondere Gleisanlagen, um die Wagen eines Zuges ordnen, zusammen stellen oder theilen zu können. Wenn die Rangirgleise in grosser Ausdehnung und losgelöst von dem übrigen Bahnhofs-Komplex angeordnet werden, so entsteht ein selbstständiger Rangir-Bahnhof.

Für Zwischen-Stationen ist im allgem. eine völlige Trennung der Güter- und Rangir-Bahnhöfe nicht zu empfehlen, da auf diesen nur die Wagen mit den Lokalgütern aus- bezw. einzustellen sind und die entsprechenden einfachen Rangir-Manöver einen unverhältnissmässigen Kraft- und Zeitaufwand erfordern, wenn die Züge erst auf eine besondere Rangir-Station geführt werden müssen. Sind also nicht besondere lokale Verhältnisse (Schwierigkeiten bei Festungen oder in gebirgigem Terrain) vorhanden, so ist von der Abtrennung der Rangirgleise abzusehen.

Das Geschäft des Rangirens (im weitesten Umfange genommen) besteht darin, die Wagen eines Zuges sowohl nach den verschiedenen Routen, als auch nach den Stationen im Zuge anzuordnen. Es ist dazu ein System von Parallel-Gleisen erforderlich, in welchem am Ende alle Gleise in ein einziges Gleis zusammen geführt werden, dessen Länge jenseits der Endweiche noch einer vollen Zug-Länge entspricht. Dieses Gleis wird Ausziehgleis genannt, wenn es horizontale Lage hat, also die Rangirarbeit durch Vorziehen und Zurückstossen der Wagen mittels Lokomotivkraft erfolgt; das Gleis heisst dagegen Ablaufgleis, wenn es in einer solchen Neigung liegt, dass die Schwerkraft genügt, um die Wagen in Bewegung zu setzen und sie in die Vertheilungsgleise gelangen zu lassen.

Letztere Anordnung wird für grossen Rangirverkehr neuerdings ziemlich allgemein angewandt; sie bietet gegenüber dem Rangiren mit horizontalem Ausziehgleis den Vortheil einer wesentlichen Zeit- und Kosten-Ersparniss und lässt im allgem. auch eine weniger grosse Ausdehnung der Rangir-Anlagen zu. Die Neigung der Ablaufgleise liegt zweckmässig zwischen 1:100 und 1:150; noch flachere Neigungen sind nicht wirksam genug. Eine sehr bewährte Neigung ist 1:125, die sich, mit angemessener Ermässigung, wo möglich noch etwas in die Weichenstrasse bezw. die Vertheilungsgleise hinein erstreckt.

Das vollständige Ordnen eines grösseren Zuges kann mit einmaliger Rangirung nicht bewirkt werden; es ist dazu die Umsetzung durch 2 Rangir-Gruppen *A* und *B*, Fig. 650, erforderlich, von

Fig. 650.

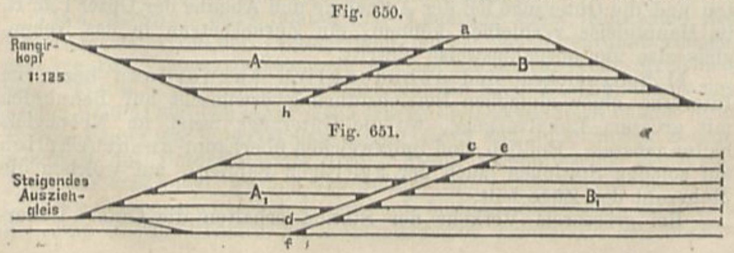


Fig. 651.

denen die eine (A) für Vor-Rangirung nach Routen, die andere (B) für Nach-Rangirung nach Stationen dient. Beide Systeme werden entweder direkt verbunden, wobei die Weichenstrasse $a\ b$, Fig. 650, aus lauter englischen Weichen bestehen muss, oder es wird auch jede Gruppe mit besonderer Weichenstrasse cd und ef, Fig. 651, getrennt angeordnet. Die hintere Gruppe (B_1) kann in vielen Fällen aus stumpfen Gleisen bestehen.

Wenn die auf einem Bahnhofe vorkommende Rangirarbeit eine solche ist, dass dieselbe bei genügender Gleiszahl mit einmaligem Ablaufen bewirkt werden kann, so ist es vortheilhaft, eine grosse Zahl von kurzen und stumpfen Vertheilungs - Gleisen anzulegen, aus denen demnächst die einzelnen Zugtheile in das Aufstellungs-Gleis geschafft und dort zum vollständigen Zuge zusammen gestellt werden. — Als Beispiel einer zweckmässigen Rangir-Anlage mit steigendem Rangirkopf ist in Fig. 652 der betr. Theil des Chemnitzer Bahnhofs dargestellt. Von dem 325m langen, mit 1:100 steigenden Ablaufgleise zweigen sich 5 Vertheilungs- und 8 Kohlen-Gleise von durchschnittlich 428m Länge ab. Sämmtliche Kohlenzüge kommen von dem entgegen gesetzt liegenden Bahnhofs-Ende und werden am Anfang des Rangir-Terrains von der Rangir-Maschine in Empfang genommen. — Auch

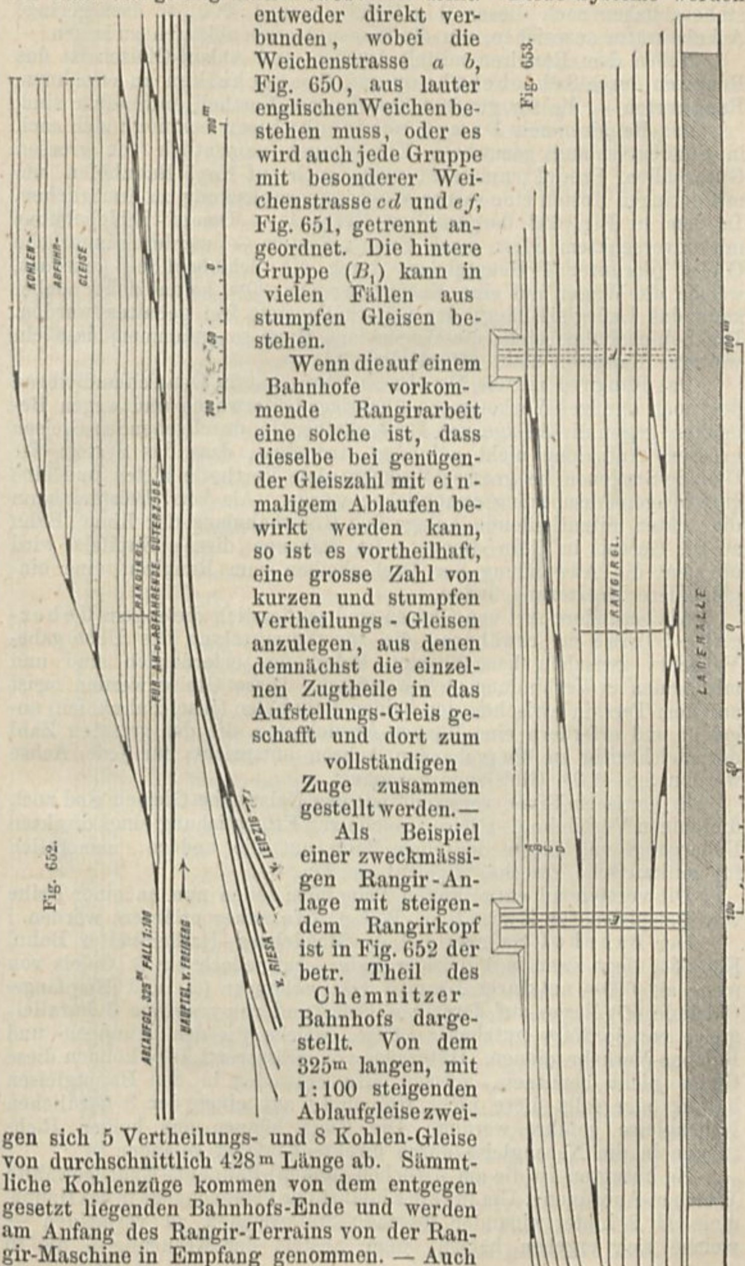


Fig. 652.

Fig. 653.

die übrigen zu rangirenden Güterzüge werden dorthin gebracht. Die Gleise der Güterhalle, welche mit den Sammelgleisen in Verbindung stehen, haben nach diesen hin Gefälle von 1 : 200, so dass geringe Arbeitskräfte ausreichen, um die Wagen dorthin ablaufen zu lassen. —

Neben dem Rangiren mittels Auszieh- und Ablauf-Gleisen ist das Rangiren durch Schiebebühnen und Drehscheiben zu erwähnen, Rangirarten — die für gewisse Zwecke mit Vortheil anwendbar sind.

Das Rangiren mit Dampf-Schiebebühnen empfiehlt sich nach in Süddeutschland gemachten Erfahrungen namentlich vor grossen Güterhallen, Produktenplätzen, sowie auch auf Kopf-Bahnhöfen, um mit geringen Kosten eine rasche Wagen-Auswechselung zu ermöglichen. In dem in Fig. 653 dargestellten Beispiel — Dampf-Schiebebühne mit unversenktem Gleis, nach Exter's System — werden sämmtliche Gleise (darunter 4 Hauptgleise) durch die Schiebebühne gekreuzt, welche die Wagen auf eine Entfernung von 80^{m} heran zieht; dabei kann das Ladegleis längs der Güterhalle stets frei gehalten werden. Die Schiebebühne stellt die Wagen zum Zuge so zusammen, dass ein weiteres Rangiren nicht erforderlich ist. —

Das Rangiren mittels Drehscheiben hat in Deutschland wegen des noch häufigen Vorkommens 3achsiger Güterwagen und wegen Bedenken gegen die Anlage von Drehscheiben in durchgehenden Gleisen grössere Aufnahme nicht gefunden, trotzdem, dass das System für Umlade-Stationen im grossen Verkehr viele Vortheile bieten und eine gute Wagen-Ausnutzung ermöglichen würde. Als betr. Beispiel kann die später mitzutheilende Anlage des Güterbahnhofs der Rhein. Bahn zu St. Gereon in Cöln dienen. Im Anhange dieses Kapitels wird übrigens die Anwendung der Drehscheiben zum Rangiren eine eingehendere Erörterung finden. —

Als besondere Art von Gleisen sind schliesslich die sogen. Uebergabe-Gleise zu erwähnen, die zur Vermittelung des Uebergabe-Verkehrs zwischen benachbarten Bahnhöfen erforderlich sind und mit beiden in Verbindung stehen müssen. Diese Gleise werden meist auf dem Terrain zwischen den beiden Bahnhöfen (Insel-Bahnhöfen) angelegt und erfordern eine Längen-Ausdehnung, die der grössten Zahl der gleichzeitig zu übergebenden Achsen entspricht; für jede Achse werden 3,8—4,0^{m} Gleislänge gerechnet.

In gewissem Sinne verwandt mit den Uebergabe-Gleisen sind auch diejenigen Verbindungs-Gleise, welche zur Ermöglichung eines direkten Uebergangs von Zügen der einen Bahn auf die andere, namentlich für militairische Zwecke, angelegt werden. —

Die vorstehend entwickelten Prinzipien sollen nun an einer Reihe von Beispielen für Zwischen-Bahnhöfe näher erläutert werden.

Der Bahnhof Salzwedel der Magdeburg-Halberstädter Bahn, Fig. 654, liegt zwar in 1gleisiger Bahn, hat jedoch ein 2. Geleis von mehr als 600^{m} nutzbarer Länge. Güterschuppen (*A*) und Empfangs-Gebäude (*D*) liegen auf derselben Seite und vor ersterem 3 Parallelgleise von je 250^{m} nutzbarer Länge, welche für den Schuppen- und Rampen-Verkehr dienen. Güterzüge von grösserer Länge können diese Gleise nicht benutzen, müssen also entweder in den Hauptgleisen halten, oder falls diese nicht frei sind, auf eines der 3 nördlichen Nebengleise geführt werden. Die Züge können aus beiden Richtungen in die Nebengleise durch direkte Einfahrt gelangen.

Zu beachten ist die am östlichen (linken) Bahnhofs-Ende gewählte Weichen-Anordnung. Um für die Einfahrt der Personenzüge in das Hauptgleis II 2 hinter einander folgende Spitzweichen zu vermeiden — welche sich ergeben hätten, wenn anstatt der Kreuzung *a* die in

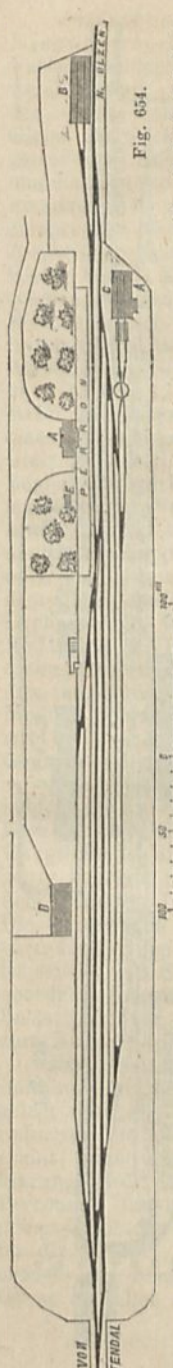


Fig. 654.

Fig. 655 angedeutete halbe englische Weiche angeordnet worden wäre, — fahren die Güterzüge durch die Weiche 3 und die Kreuzung *a* vermittels der Weiche 4 in das Nebengleis ein. Noch richtiger würde übrigens die Weichenlage sein, wenn die Weichenstrasse 2 erst hinter der Weiche 3 abzweigte, um eine unnütze Spitzweiche für die Güterzüge zu vermeiden.

Ein Lokomotiv-Schuppen (*C*) für 4 Stände, durch Drehscheibe zugänglich (es hätten auch Weichen gewählt werden können, doch ist die Scheibe ohnehin zum Drehen der Maschinen erforderlich) und mit äusseren Feuergruben, ist gegenüber dem Empfangs-Gebäude auf der entgegen gesetzten Seite des Bahnhofs angeordnet, während ein sehr bequem zugänglicher Wagenschuppen (*B*) westlich neben dem Empfangs-Gebäude liegt.

Fig. 655. Fig. 656. Fig. 657.

Besondere Beachtung verdient noch die in den Hauptgleisen, unmittelbar östlich vom Perron liegende, in Fig. 656 skizzirte Weichen-Verbindung mit der halben englischen Weiche *b*. Letztere ist so gelegt, dass eine Spitzweiche nicht entsteht. Diese Verbindung am Ende der Personen-Perrons ist sehr empfehlenswerth; sie vermittelt nicht nur eine unmittelbare Kommunikation zwischen den Personen-Gleisen und der Vieh- und Wagenrampe, sondern erleichtert auch die Verbindungen für den Güterverkehr. Ein im Hauptgleise II haltender Güterzug kann abzusetzende, im vorderen Zugtheile befindliche Wagen direkt mit der Zugmaschine abstossen und ebenso Wagen mitnehmen. Zügen im Gleis I werden die Wagen in der Weise zugeführt, dass sie durch Menschen- oder Lokomotivkraft zunächst bis Gleis II gedrückt (gezogen) und dann durch die halbe englische Weiche *b* wieder nach I geschafft werden.

Zu rangiren ist auf diesem Bahnhofe nur unter Benutzung der Hauptgleise als Ausziehgleise. Würde die Bahn mit dem 2. Gleise versehen, so müssten natürlich auch die Endweichen eine entsprechende Aenderung erfahren; beispielsw. würde die Anordnung am Ostende die in Fig. 657 skizzirte sein müssen, voraus gesetzt, dass ein direktes Einfahren aus Geleis II in die nördlichen Nebengleise gefordert würde. —

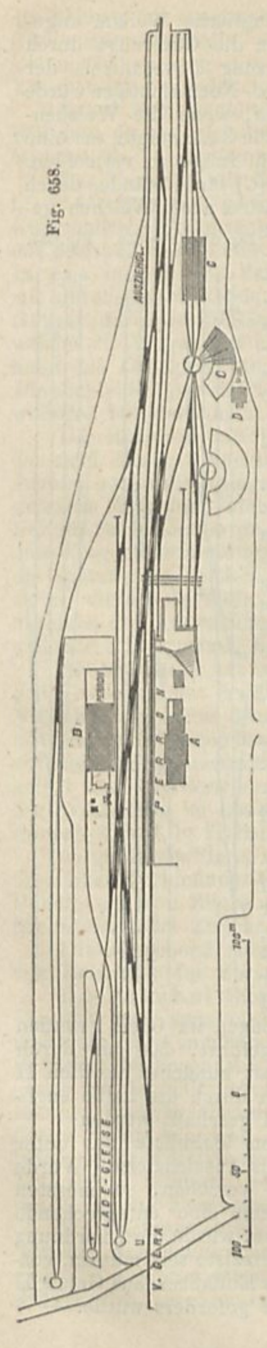


Fig. 658.

Bahnhof Saalfeld (Fig. 658). Die Station hat erheblicheren Güter- und namentlich Freilade-Verkehr zu vermitteln. Güterschuppen (*B*) und Produkten-Gleise liegen deshalb auf der dem Empfangs-Gebäude abgekehrten Bahnhofsseite, u. z. die letzteren in der oben angedeuteten Art der Parallelgleise nach Fig. 647. Mittels eines Ausziehgleises sind sowohl die Schuppengleise als die äusseren Produkten-Gleise zugänglich gemacht. Die beiden, den Hauptgleisen zunächst liegenden Nebengleise können sowohl zum Rangiren, als zur Einfahrt und Aufstellung von Güterzügen verwendet werden, wobei unter Umständen allerdings die angrenzenden stumpfen Gleis-Verlängerungen mit benutzt werden müssen. An der Westseite des Bahnhofs sind mehre, von einer gemeinschaftlichen Drehscheibe aus zugängliche Lokomotivschuppen wie auch eine Wasser-Station angeordnet. An der südlichen Bahnhofs-Einfahrt ist zur Vermeidung einer 2. Spitzweiche im Hauptgleis wiederum die schon bei Bahnhof Salzwedel erörterte Einrichtung getroffen; freilich sind hierbei die Güterzüge genöthigt, entweder durch Zurücksetzen in die Nebengleise zu gelangen, oder bei direkter Einfahrt die starke Weichen-Kontrekurve am südlichen Bahnhofsende zu passiren. —

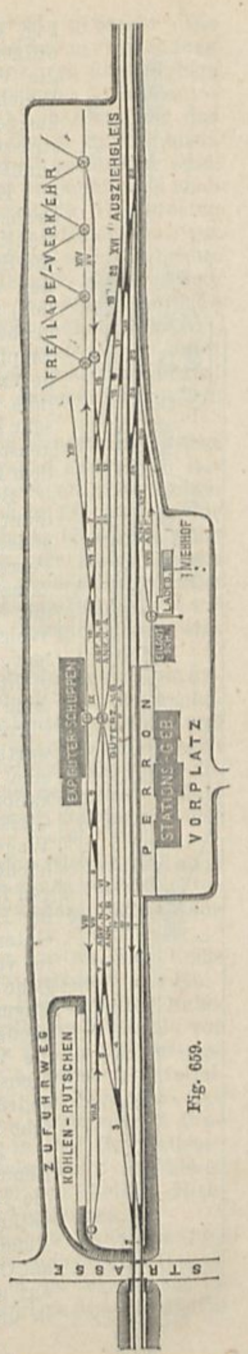


Fig. 659.

Zwischen-Stationen nach dem System der Rheinischen Eisenbahn. Der Bahnhof nach Fig. 659 ist für grösseren Lokalgüter-Verkehr eingerichtet und hat dazu selbstständige Gleisanlagen, welche nebst dem Güterschuppen und den Produkten-Gleisen an der einen Bahnhofsseite liegen. Die Anordnung der Produkten-Gleise entspricht dem Schema Fig. 648. — Bemerkenswerth sind die getroffenen Anordnungen, um den Güterverkehr beider Richtungen unabhängig von einander zu machen und für das Rangir-Geschäft jeden unnützen Weg zu vermeiden. Die beiden Haupt-Gütergleise III und IV entsprechen den grössten vorkommenden Zuglängen, während als Aufstellungs-Gleise für die zur Abfahrt zu ordnenden Güterzüge die Gleise V, VI, XI und XII dienen, die in ihrer Mitte durch eine Drehscheibe verbunden sind. — Die Güterzüge von *A* gehen durch die Weiche 1 und die darauf folgende Kreuzung in das Gleis III und treten durch das Ausziehgleis XVI in Verbindung mit den erwähnten Aufstellungs-Gleisen. Die Güterzüge von *B* fahren durch die Weichen 18 und 17 in Gleis IV ein. Um die Verbindung mit den Aufstellungs-Gleisen V und VI herzustellen, bedarf es auf dieser Seite eines besonderen Ausziehgleises nicht; vielmehr kann dafür das Haupt-Gleis II selbst benutzt werden, da eine Kollision mit einfahrenden Zügen unmöglich ist. — Die Rangirarbeit soll, so weit nicht die Zugmaschine zur Verrichtung derselben im Stande ist, durch Menschenkräfte bewirkt werden und sind namentlich zu diesem Zwecke die vor den Güterschuppen liegenden Drehscheiben angeordnet, welche indessen auch von Maschinen passirt werden können. Auch bei dem neben dem Empfangs-Gebäude liegenden Eilgut-Schuppen ist das Prinzip der Drehscheiben-Verbindung durchgeführt. Die beiden Parallelgleise XVII und XVIII, das eine für Einfahrt, das andere für Abfahrt dienend, werden an den Enden durch eine Kreuz-Drehscheibe mit dem an einem stumpfen Gleis liegenden Eilgut-Schuppen in Verbindung gebracht. Die Rampe steht durch die 3theilige Weiche 26 mit den vorigen Gleisen in Verbindung. Auch ein kurzes Reserve-Gleis zweigt noch von der Drehscheibe ab. —

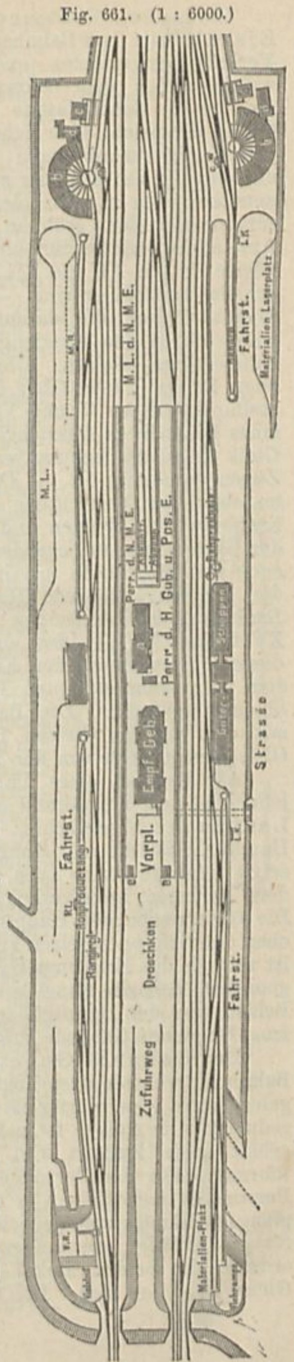
Als Beispiel eines Insel- und Trennungs-Bahnhofs, der jedoch einer Verwaltung untersteht, ist in Fig. 660 der Bahnhof Lauban der Niederschles.-Märk. Bahn angeführt. Die durchgehende Hauptlinie ist die von Kohlfurt nach Waldenburg, während die stadtseitig liegende Route nach Görlitz von dem Bahnhofe ausgeht. Bei dem geringen Lokalverkehr ist hier ein Güterschuppen genügend. Die Güterwagen der Hauptroute werden durch Nebengleise und Weichen den Schuppengleisen zugeführt. Ein oblonger Lokomotivschuppen ist seitlich des Empfangs-Gebäudes zwischen beiden Bahnarmen so angeordnet, dass die Rangirbewegungen der Lokomotiven möglichst ohne Belästigung der Hauptgleise ausgeführt werden können. Der Zugang zum Empfangs-Gebäude erfolgt von der Kopfseite her. —

Der Bahnhof Guben, Fig. 661, ist das Beispiel eines Insel-Bahnhofs, welcher ursprünglich für drei getrennte Verwaltungen angelegt war; gegenwärtig ist die Dreitheiligkeit auf eine Zweitheiligkeit reduzirt. Die Anlage ist nahezu symmetrisch. Das Empfangs-Gebäude erhält seine Zufahrt von der Südseite her mittels Wege-Ueberführung. Für den Personen-Verkehr liegen auf jeder Seite des Insel-Perrons 2 Hauptgleise, je mit Zwischen-Perron. Nördlich des Empfangs-Gebäudes sind jedoch noch 2 sogen. Zungen-Perrons, der eine für die Abfahrt, der andere für die Ankunft von Lokalzügen, angeordnet; die beiden Lokal-Personengleise nehmen noch 2 Reserve-Gleise zwischen sich. Die Güterschuppen mit den beiderseits davor

angeordneten Produkten-Gleisen sind für jede Bahnhofsseite besonders entwickelt, u. z. so, dass neben den Personengleisen je 4 durchgehende Gleise Platz finden. Im allgem. werden je die beiden ersten als Güter-Einlauf-Gleise und die folgenden, welche durch Weichen mehrfach zerlegt sind, als Rangir- und Aufstellgleise zu dienen haben. Lokomotivschuppen sind symmetrisch am Nordende, Viehrampen am Südende des Bahnhofs angelegt worden. Ferner liegt eine besondere Militairrampe auf der Seite der Niederschles.-Märkischen Linie. Die Möglichkeit eines direkten Uebergangs von Militairzügen von der einen auf die andere Bahn ist im Projekte nicht vollständig gewahrt. Im übrigen aber kann die Anlage als eine wohl gelungene und besonders sehr übersichtlich bezeichnet werden. Sehr zweckmässig sind die Perron-Breiten gewählt, da die normale Entfernung der beiden den Insel-Perron begrenzenden Gleise 43,3 m von M. z. M. und die Entfernung der die Zwischen-Perrons umschliessenden Gleise 6,9 m von M. z. M. beträgt. Die Empfangs-Perron-Breiten am Gebäude sind dabei 9,4 m. Zur Abkürzung des Weges von und nach der Stadt ist unter der östlichen Bahnhofshälfte ein in der Figur punktirt angedeuteter Tunnel für den Personen-Verkehr angelegt. —

Fig. 660.

Fig. 661. (1 : 6000.)



Als einer besonderen Anordnung von Bahnhöfen ist hier noch der sogen. Thurm-Stationen (Etagen-Bahnhöfe) zu gedenken, welche entstehen, wenn 2 Bahnen unter einem Winkel von etwa 60 bis 90° in ungleicher Höhenlage kreuzen. Im Kreuzungswinkel wird ein gemeinschaftliches Stations-Gebäude angelegt, welches in der Einrichtung von 2 Etagen die mind. 5,5m betragende Höhendifferenz zwischen beiden Bahnen ausgleicht. In Fig. 662 erhält die Linie A B tief liegende, die Linie C D hoch liegende Perrons; das Empfangs-Gebäude hat meist Warteräume in beiden Etagen. Eine direkte Verbindung für den Güter-Verkehr beider Bahnen kann nicht stattfinden und zur Anlage von Aufzug- und Hebe-Vorrichtungen für ganze Wagen nebst Ladung wird man auch unter den günstigsten Verhältnissen schwerlich schreiten. Es erübrigt deshalb nur, Verbindungs-Gleise zwischen beiden Bahnen anzulegen, die mit schärferer Steigung als die Hauptbahnen konstruirt werden können. Die Anordnung solcher Verbindungs-Geleise wird je nach der Oertlichkeit sehr verschieden ausfallen müssen. —

Fig. 662.

c) End-Bahnhöfe. Die für die einzelnen Theile eines Durchgangs-Bahnhofs entwickelten Prinzipien haben nahezu allgemeine Geltung, übertragen sich deshalb im wesentlichen auch auf die Anordnung der Anfangs- oder End-Station einer Linie. Insofern indessen, als sowohl der Personen-, wie auch der Güter-Verkehr hier originiren, wird die Trennung der Anlagen für beide Verkehrszweige auf den End-Bahnhöfen weit vollständiger durchgeführt werden können, als auf den Zwischen-Bahnhöfen. Der Personenbahnhof der Endstation wird im allgem. als Kopf-Bahnhof angeordnet werden, sofern nicht etwa der End-Bahnhof gleichzeitig der Anfangs-Bahnhof einer zweiten Linie ist.

Die Anordnung eines Kopf-Bahnhofs ist mehrfach auch für solche Stationen gewählt worden, welche eigentlich nur Zwischen-Stationen einer und derselben Bahnlinie sind und deshalb im allgem. als Durchgangs-Stationen anzulegen gewesen wären. Die Ursache davon liegt meist in örtlichen Verhältnissen; in einzelnen Fällen tritt die Absicht, den Personenbahnhof dem Zentrum der Stadt möglichst nahe zu bringen, bestimmend für die Wahl einer solchen Lösung auf. —

Beim Anschluss mehrer Bahnlinien an einen Ort wird womöglich eine gemeinsame Station für sämmtliche oder doch für mehre der organisch zusammen gehörigen Bahnen anzustreben sein. Wie das Beispiel fast aller grossen Städte zeigt, ist die Anordnung von Zentral-Bahnhöfen jedoch nur in seltenen Fällen zu erreichen, da die Zusammenführung mehrer, meist an verschiedenen Stadtseiten mündender Bahnen grosse Schwierigkeiten mit sich bringt.

Die isolirt liegenden Bahnhöfe eines und desselben Ortes müssen indessen, behufs Ermöglichung der Güter-Uebergabe (sofern die Bahnen nicht lediglich Konkurrenz-Linien sind) in Verbindung gebracht werden; es dienen hierzu zwischen 2 benachbarten Bahnen einfache Verbindungs-Gleise. Hat eine Stadt jedoch eine grosse Zahl von End-Stationen solcher Linien, welche mehr oder weniger sämmtlich in Wechselbeziehung zu einander stehen, so lässt sich die zur gegenseitigen Güter-Uebergabe erforderliche Verbindung in rationeller Weise nur durch eine sogen. Ring- oder Gürtelbahn (Paris, Berlin etc.) herstellen, welche die Stadt in einer Linie umzieht, die ausserhalb der Eingangsweichen der Güter-Bahnhöfe gelegen ist. Selbstredend kann eine solche Linie auch für den Personen-Verkehr an sich nutzbar gemacht werden, wenn schon eine rationelle Verbindung der Personen-Bahnhöfe unter einander — der weiten Distanzen wegen, welche die einzelnen Peripherie-Abschnitte einschliesslich der Ein- und Ausfahrten repräsentiren — durch die Anlage einer Ringbahn selten erreichbar sein wird. Ringbahnen sowohl als auch die Einführungs-Gleise der Personen-Kopfstationen sind regelmässig so zu legen, dass Niveaukreuzungen der Gleise mit allen lebhaften Strassenzügen vermieden werden.

End-Bahnhöfe sind im allgemeinen mit allen den Einrichtungen und Anlagen zu versehen, welche für grössere Zwischen-Stationen erforderlich sind; es dürfen namentlich ausreichende Lokomotivschuppen und leistungsfähige Wasser-Stationen hier niemals fehlen. Weniger allgemein dagegen wird man grosse Werkstätten-Anlagen auf den End-Bahnhöfen antreffen, da diese zweckmässiger in der Mitte des Bahn-Komplexes angeordnet werden, während für den Endbahnhof event. eine Filial-Werkstatt genügt.

Im übrigen hängt die Anordnung der End-Bahnhöfe von den speziellen Anforderungen des Verkehrs und namentlich von den örtlichen Verhältnissen ab, denen sich das Projekt im vollsten Maasse anzuschliessen hat. Es soll an einigen Beispielen die Einrichtung von End-Bahnhöfen näher erläutert werden.

Der Berlin-Lehrter Bahnhof zu Berlin (Fig. 663). Das gesammte, 2640^{m} lange Bahnhofs-Terrain wird durch die mittels Viadukte über die Gleise geführten Haupt-Verkehrsstrassen — Birken-Allee und Invalidenstrasse — in 3 Abtheilungen zerlegt. Die für eine End-Station ohnehin gebotene Trennung der Verkehrszweige ist mit Rücksicht auf diese lokalen Verhältnisse in der Weise durchgeführt, dass der Abschnitt westlich von der das Terrain in etwa ein Drittel der Bahnhofs-Länge kreuzenden Birken-Allee für den Güter- und Rohprodukten-Verkehr, der zwischen dieser und in der (folgenden) Invaliden-Strasse liegende Abschnitt für den Personen-Verkehr und der dritte, nordwestlich liegende Terrain-Theil für den Vieh- und Eilgut-Verkehr, sowie für die Betriebs-Gebäulichkeiten bestimmt worden ist.

Die beiden Hauptgleise verzweigen sich innerhalb des Bahnhofs in 2 Richtungen, von denen die eine in den Personenbahnhof, die andere in den Güterbahnhof führt. An letztere Gleise schliessen sich auf dem Güterbahnhofe weitere 6 Gleise an, davon 3 für den ankommenden und 3 für den abgehenden Güterverkehr. Zwischen diesen beiden Gruppen liegt die Güterhalle, mit der im unmittelbaren Zusammenhange 2 Gebäude für die Expedition und Bahnhofs-Verwaltung stehen. Die Güterhalle unterscheidet sich von den in Deutschland üblichen Anordnungen dadurch, dass auch die in der Mitte liegende Zufuhrstrasse mit überdacht worden ist. Zur Beschleunigung der Verladung ist in der Halle eine grosse Zahl von Krähnen angebracht.

Nördlich von den Güter-Fahrgleisen sind die Rangirgleise angelegt, die durch entsprechende Weichen-Systeme für das Rangir-Geschäft in 2 Gruppen zerlegt worden sind. Die nordwestliche Weichenstrasse ist zu einer isolirten Gleisgruppe fort geführt, die einerseits für den Rohprodukten-Verkehr bestimmt ist und andrerseits als Anschlussgruppe für die Schienen-Verbindung mit flussabwärts gelegenen industriellen Etablissements bestimmt ist. Zur Vermittelung des Fluss- und Bahnverkehrs ist mittels Drehscheiben ein besonderes Gleis nach dem Spreeufer abgezweigt.

Fig. 663.
(Maasstab 1:10000).

A. Personenbahnhof.
a. Empfangs-Gebäude.
b. Droschken-Halteplatz.
c. Eilgut-Schuppen.

B. Güterbahnhof.
d. Güter-Schuppen.
e. Steuer-Gebäude.
f. Schuppen für feuergefährliche Gegenstände.
g. Waage.
h. Zufahrt.

C. Werkstätten-Bahnhof.
i. Lokomotiv-Schuppen.
k. Wagen-Schuppen.
l. Kohlen-Schuppen.
m. Schmiede.
n. Reparatur-Werkstätten.
o. Rampe.

Zum Anschlusse an die (im Plane nicht angegebene) Berliner Ringbahn, welche kurz vor dem nordwestlichen Bahnhofs-Ende die Bahn kreuzt, ist ein besonderes Gleis vom Güterbahnhofe aus bis zum Bahnhofe Moabit der Ringbahn geführt. An dieses Gleis schliessen sich auf dem Betriebs-Bahnhofe die nach den Lokomotivschuppen, Wagenschuppen, Werkstätten etc. führenden Zweig-Gleise an. Eine Kreuzung (ausser Niveau) findet im Bahnhof selbst mit der Berliner Stadt-Eisenbahn statt; diese Kreuzung liegt unmittelbar vor dem Ausfahrts-Ende des Haupt-Gebäudes (bei *A* im Plane).

Für den Personen-Verkehr sind unter einer Halle 5 Gleise angeordnet, welche von einem Ankunfts-, einem Abfahrts- und einem Mittelperron umschlossen sind; letzterer dient zur Abfertigung von Ringbahn- und Extrazügen. Die Anlagen für den Eilgut- und Viehverkehr haben wegen Mangel an Raum nicht unmittelbar bei der Personenhalle Platz finden können und sind in dem Betriebs-Bahnhofe nördlich der Invalidenstrasse (bei *c* und *o* des Plans) angeordnet worden.

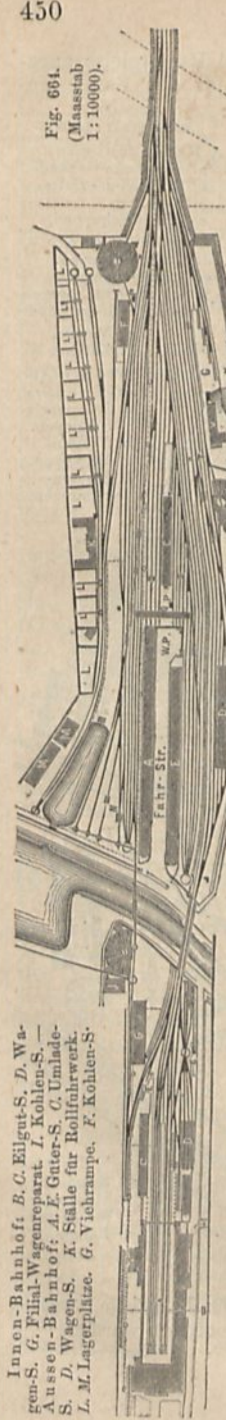


Fig. 664. (Maasstab 1:10000).

Innen-Bahnhof: *B. C.* Eilgut-S. *D.* Wagen-S. *G.* Filial-Wagenreparat. *I.* Kohlen-S. — Aussen-Bahnhof: *A. E.* Güter-S. *C.* Umlade-S. *D.* Wagen-S. *K.* Ställe für Rollfuhrwerk. *L. M.* Lagerplätze. *G.* Viehrampe. *F.* Kohlen-S.

Bahnhof der Berlin-Potsdam-Magdeburger Bahn zu Berlin (Fig. 664). Es ist bei demselben auf vollständige Trennung des Personen- und Güterverkehrs in erster Reihe Bedacht genommen, ebenso auf vollständige Sonderung der Hauptgleise von allen Nebengleisen. Der nördlich vom Landwehr-Kanal gelegene Terrain-Theil ist für den Personen- und Eilgut-Verkehr, der südlich des Kanals gelegene, erheblich grössere Theil der Hauptsache nach für die Anlage des Rangir- und Güterbahnhofes benutzt.

Die Personen-Gleise sind in einer grossen Halle vereinigt, welcher sich die erforderlichen Expeditionsräume und Wartesäle anschliessen; Post- und Eilgut-Expedition haben in unmittelbarer Nähe geeigneten Platz gefunden. Neben der Fortsetzung der Haupt-Personen-Gleise liegen Rangir-Gleise für Personenzüge nebst Wagenschuppen und ein Lokomotivschuppen für den Personen-Dienst. Der Eilgutdienst ist nach Abgang und Ankunft getrennt, zu welchem Zweck sich besondere Expeditionen auf den gegenüber liegenden Seiten des Bahnhofs befinden.

Im Aussen-Bahnhofe herrscht eine Theilung in der Längenrichtung, wobei die Personen-Gleise die kleinere (nördliche), die Güter-Gleis-Anlagen die grössere (südliche) Hälfte einnehmen. Am westlichen Ende schliessen sich Einrichtungen für grossen Vieh-Verkehr (der kleinere Vieh-Verkehr wird im inneren Personen-Bahnhofe erledigt), sowie für Militair-Transporte an die Personen-Gleise an. Am Ostende liegen die Güterschuppen, der Umlade-Schuppen, die Produkten- und Kohlen-Lager-Plätze, die Rangirgleise, ein Lokomotiv-Schuppen und ein kleiner Werkstattbau.

Die auf die Grenze zwischen Personen- und Güterbahnhof gelegten Hauptgleise sind selbstständig durchgeführt. Besondere Ausziehgleise finden sich beiderseits der Hauptgleise, so dass die letzteren von keinerlei Rangir-Manövern berührt werden. Nur die abgehenden Güterzüge müssen das Hauptgleis für die Einfahrt kreuzen, um in das Abfahrtsgleis zu gelangen. Diese unvermeidliche Kreuzung wird durch ein Abschluss-Signal gedeckt.

Die Einführung in den Innenbahnhof vermeidet Niveaukreuzungen und es sind dazu die Gleise entsprechend gehoben, bezw. die Strassen gesenkt. — Der Innen-Bahnhof umfasst eine Fläche von etwa 550 a, der Aussenbahnhof eine solche von rot. 1650 a.

Bahnhof der oesterr. Nordwestbahn in Wien (Fig. 665). Die Gesammtanlage zerfällt nach den in Oesterreich üblichen Bezeichnungen in folgende 7 Theile: Personen-B., Frachten-B., Rangirbahnhof für den Frachtendienst, Lokomotiv-B., Kohlen-B., Signal-B., Bahnerhaltungs-Hof.

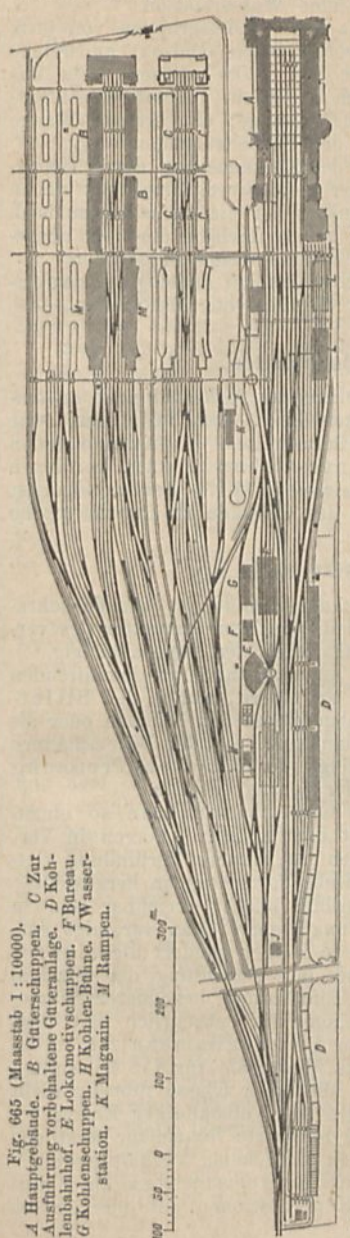


Fig. 665 (Maasstab 1 : 10000). *A* Hauptgebäude. *B* Güterschuppen. *C* Zur Ausführung vorbehaltene Güteranlage. *D* Kohlenbahnhof. *E* Lokomotivschuppen. *F* Bureau. *G* Kohlenschuppen. *H* Kohlen-Bühne. *J* Wasserstation. *K* Magazin. *M* Rampen.

Der Personen-Bahnhof hat 5 Hallengleise nebst 7 Gleisen für Lokal- u. Eilgutverkehr, Aufstellung von Wagen u. Abfertigung von Militairzügen. Unmittelbar an das Empfangs-Gebäude schliessen sich Schuppen für den Eilgut- und Post-Verkehr an. Weiterhin folgen die Wagen-Schuppen mit je 4 durchgehenden Gleisen. Rechter Seits liegt die Equipagen-Rampe.

Der Frachten-Bahnhof zerfällt in 3 Abtheilungen, von denen 2 für den Dienst der Kaufmannsgüter mit je 5 Gleisen zwischen 4 Güter-Schuppen, 2 Längen- und einer Stirn-Verladerampe und 2 Expeditions-Gebäuden versehen sind. Die 3. Gruppe enthält 3 Paar Gleise für den Rohprodukten-Verkehr. Die Gleise der 3 Gruppen sind durch 4 Drehscheiben-Reihen verbunden; es ist indessen auch die Rangirung durch Weichen mittels Lokomotiven zwischen den Schuppen möglich. Zur Verladung schwerer Frachtgüter sind vorgesehen 1 Umlade-Laufkrahn von 10000 kg und 1 Drehkrahn von 6000 kg Tragkraft.

Der Rangirbahnhof hat 21, in 3 Gruppen zerlegte Gleise von je ca. 530 m Länge; jede Gruppe entspricht einer der 3 Gruppen des Frachten-Bahnhofs. Die Gleise jeder Gruppe sind an den Enden mit Weichen verbunden, ausserdem aber etwa in halber Länge durch eine englische Weichenstrasse getheilt. Ausser den erwähnten 21 langen Gleisen befinden sich noch 30 kürzere Gleise im Rangirbahnhofe; theils dienen diese Gleise zur Stirn-Verladung, theils zur Wagen-Aufstellung. Sämmtliche Rangirgleise vereinigen sich zu 3 Hauptsträngen, die in den Signal-Bahnhof einmünden. Es sind hier Ablaufgleise angeordnet, von denen aus die Zug-Rangirung um so leichter bewirkt werden kann, als der Rangirbahnhof selbst in einem durchschnittl. Gefälle von 25 ‰ liegt.

Der zwischen Personen- und Frachtenbahnhof angeordnete Lokomotiv-Bahnhof hat 2 Schuppen für je 16 und 1 Schuppen für 6 Maschinen, 2 Kohlenschuppen und eine Wasserstation.

Der Kohlen-Bahnhof besteht aus 2 Gleisgruppen von je 5, durch Weichen und Drehscheiben verbundenen Gleisen, an welche sich Kohlenrutschen in einer Länge von 700^{m} anlegen. Für das Sammeln der entladenen Kohlenwagen dient ein besonderes Ablaufgleis von 400^{m} Länge mit einer Brückenwaage; eine zweite Waage befindet sich in Strassen-Niveau an den Kohlenrutschen.

Der Signal-Bahnhof umfasst den Zusammenlauf der 7 Hauptgleise, welche sich mit den Gleisen der freien Strecke durch 6 Weichen vereinigen; zur Deckung dieses Punktes ist ein Signalthurm nach englischem Muster vorgesehen. Für event. Revision ein- und ausgehender Wagenladungen ist hier eine Brückenwaage angeordnet.

Der zwischen Personen- und Frachtenbahnhof angelegte Bahnerhaltungs-Hof bildet das Depot für Oberbau- etc. Materialien. —

8. Eisenbahn-Hochbauten.

Die Eisenbahn-Hochbauten, welche der Mehrzahl nach zu einfachen Verkehrs- und Betriebs-Zwecken dienen, sind im allgem. zwar solide, aber doch einfach und billig herzustellen. Ausnahmen finden nur bezüglich der grösseren Empfangs-Gebäude statt, bei denen auch ästhetische Momente zu berücksichtigen sind. Fachwerkbau ist im allgem. nur da anzuwenden, wo das Gebäude für interimistische Zwecke dient.

1. Empfangs-Gebäude.

Grösse und Anordnung der Empfangs-Gebäude ist vom Verkehrs-Umfang, von der Bahnhofs-Belegenheit, von dem Charakter des verkehrenden Publikums und der Aufenthaltszeit der Züge abhängig.

In der Mitte des Gebäudes oder an einem anderen dominirenden Punkte desselben ist das Vestibül anzulegen, wobei die Billet-Lokale entweder in angrenzenden, abgeschlossenen Räumen oder als freie Einbauten des Vestibüls angeordnet sind. Bei den Billetschaltern auf lebhaften Stationen wird neuerdings der Klassen-Trennung vor der Routen-Trennung mehrfach der Vorzug gegeben.

Nahe dem Billetverkauf ist die Gepäck-Annahme so einzurichten, dass sie möglichst direkt mit dem Abfahrts-Perron in Verbindung steht. Auf grossen Stationen ist letztere Verbindung vielfach durch Tunnel mit mechanischen Hebe-Vorrichtungen hergestellt.

Die Wartesäle sind vom Vestibül leicht erreichbar und in guter Verbindung mit den Perrons anzulegen. Man vereinigt entweder die verschiedenen Klassen zu je 2 oder sondert dieselben, je nach der Grösse des Verkehrs und der Bedeutung der Station. Während man in neuerer Zeit die Einrichtung besonderer Wartesäle I. Kl. selbst auf grösseren Bahnhöfen für entbehrlich hält, legt man Gewicht auf die Anordnung von Damenzimmern für die II. und selbst für die III. Kl. Besondere Wartesäle für IV. Kl. sollten auf grösseren Stationen von Bahnen, die diese Klasse führen, nicht fehlen, sofern nicht etwa auf andere Art vollständiger Ersatz geschaffen werden kann. In wie weit reservirte Räume für fürstliche Personen vorzusehen sind, ergiebt sich aus lokalen Verhältnissen.

Das Stationsbüreau soll sowohl für Dienstpersonal als Publikum leicht zugänglich sein und bei Kopf-Stationen auf der für die Abfahrt bestimmten Seite liegen.

Die Retiraden müssen sowohl vom Perron als vom Vorplatz aus zugänglich sein.

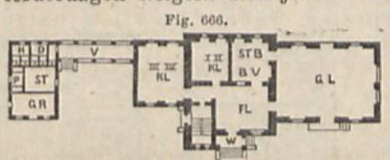
Das Postbüreau befindet sich meist in der Nähe des Telegraphen- und Stations-Büreaus. Auf grösseren Stationen wird hierzu ein besonderes Gebäude eingerichtet. Bestimmungsmässig ist bei den deutschen Bahnen das Einvernehmen der Post-Verwaltung über die betr. Entwürfe herbei zu führen.

Zweckmässig ist es, in dem Stationsgebäude Wohnung für den Vorsteher, wo möglich auch für Restaurateur und Portier einzurichten. Die meist mit den Wartesälen vereinigten Restaurationen enthalten — je nach der Grösse der Station — ein Buffet, Restaurations-Lokal, Speisesaal nebst Küche. Diese Räume sollen möglichst vom Vorplatz aus direkt zu erreichen sein.

Schliesslich sind für die Anforderungen des Betriebes je nach der Grösse der Station mehr oder minder umfangreiche Nebenräumlichkeiten, als Büreaus, Aufenthalts- und Uebernachtungs-Zimmer für die Zugbeamten, Lampen- und Utensilienräume etc., vorzusehen.

Auf untergeordneten Haltestellen enthalten die Empfangs-Gebäude meist nur ein Wartezimmer, ein Zimmer für den Beamten zur Ausgabe der Billets und zur Aufstellung des Telegraphen-Apparats und einen damit in Verbindung stehenden Güterlager-Raum. Die Anforderungen steigern sich jedoch sehr mit der Bedeutung des Bahnhofs und es tritt auch schon bei kleineren Zwischen-Bahnhöfen das Bedürfniss nach 2 Wartesälen, nach vermehrten Betriebsräumen und event. nach Lokalitäten für die Postverwaltung auf. —

Fig. 666.



In Fig. 666 bis 677 sind einige Typen von Empfangs-Gebäuden für Durchgangs-Stationen mit einseitiger Gleislage gegeben, u. z. entspricht Fig. 666 einer Ausführung auf der Hannoverschen Staatsbahn, während die Beispiele Fig. 667 bis 677 neueren Stationsgebäuden der Reichsbahnen in Elsass-Lothringen angehören. Bei diesen letzteren, in ziemlich wechselvoller Weise durchgebildeten Anlagen ist häufig der Güterschuppen direkt mit dem Stationsgebäude verbunden (Fig. 666, 671, 674), wodurch es ermöglicht wird, den geringen Personen- und Güterdienst durch nur einen Beamten versehen zu lassen.

Bei sämmtlichen hier skizzirten Gebäuden sind in den oberen Geschossen Dienstwohnungen vorgesehen. Die Treppen zu denselben sind überall so gelegt, dass deren Zugänge nicht mit denen für das Publikum kollidiren. Retiraden finden sich in den Gebäuden selbst nicht, da angenommen ist, dass besondere Retiraden und Wirthschaftshöfe in der Nähe des Empfangs-Gebäudes angelegt werden.

Als Beispiel eines grossen Durchgangs-Bahnhofs mit einseitiger Gleislage sei der neue Personenbahnhof zu Hannover (Fig. 678 u. 679) hier kurz vorgeführt.

Das Bahnhofs-Planum liegt 4,25^{m} höher, als die anstossenden Strassen und Plätze, und muss daher durch Treppen-Anlagen etc. erstiegen werden, die so angeordnet sind, dass das Publikum die Gleise an keiner Stelle überschreitet. Die Anlage zerfällt in 3 Theile: 1) das Empfangs-Gebäude, welches die üblichen Lokalitäten in Strassenhöhe hat; 2) die Tunnels u. Treppen-Anlagen; 3) das Bahnhofs-Planum mit Gleis- und Perron-Anlagen und deren Ueberdeckung.

Das Empfangs-Gebäude ist als ein Bau von 186^{m} Länge und 21^{m} bezw. 26^{m} Tiefe angelegt. Die Mitte desselben nimmt das Hauptvestibül von 24^{m} Tiefe, 31^{m} Länge und 18^{m} lichter Höhe ein.

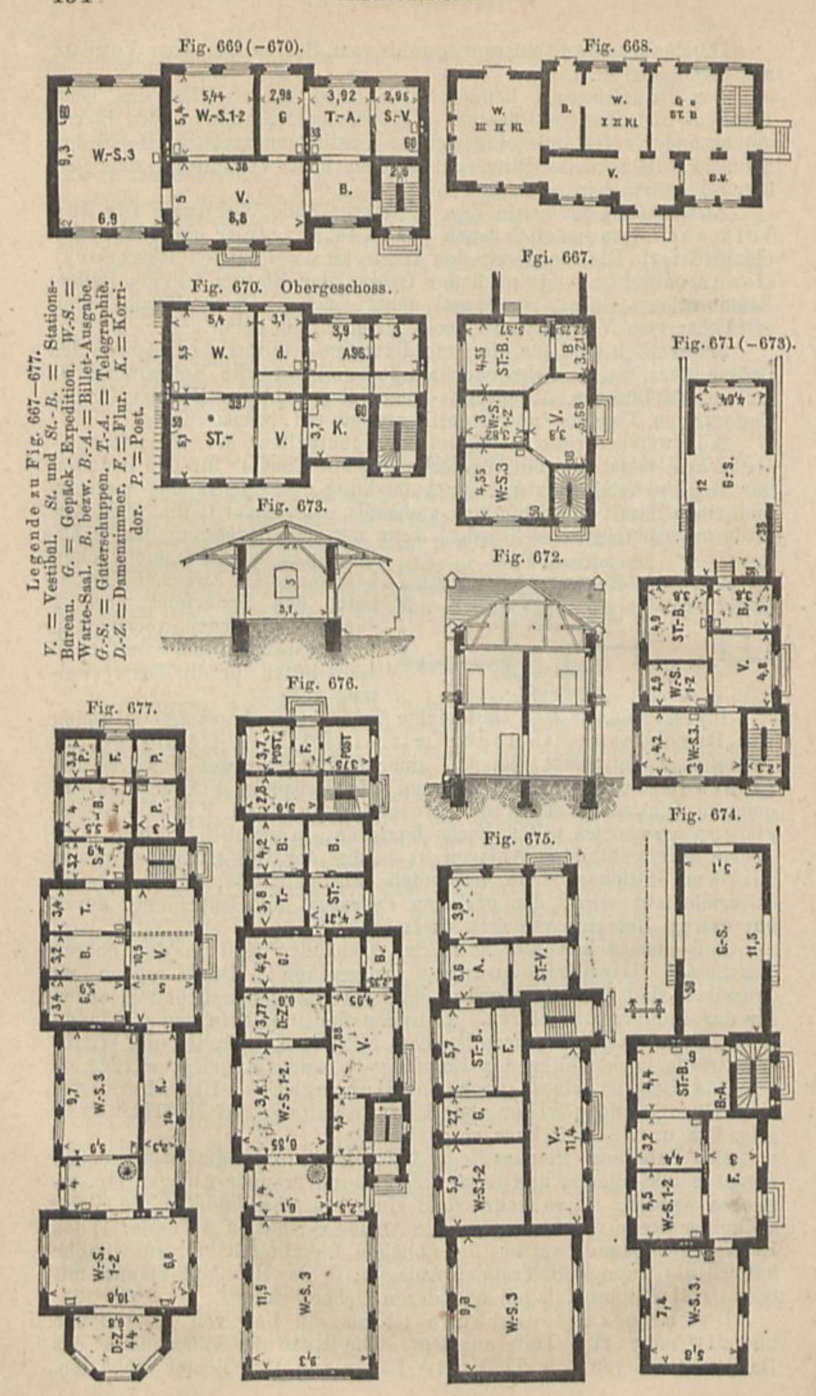


Fig. 669 (–670).

Fig. 668.

Fig. 670. Obergeschoss.

Fgi. 667.

Fig. 671 (–673).

Fig. 673.

Fig. 672.

Fig. 677.

Fig. 676.

Fig. 675.

Fig. 674.

Legende zu Fig. 667—677.
V. = Vestibül. *St.* und *St.-B.* = Stations-Bureau. *G.* = Gepäck-Expedition. *W.-S.* = Warte-Saal. *B.* bezw. *B.-A.* = Billet-Ausgabe. *G.-S.* = Güterschuppen. *T.-A.* = Telegraphie. *D.-Z.* = Damenzimmer. *F.* = Flur. *K.* = Korridor. *P.* = Post.

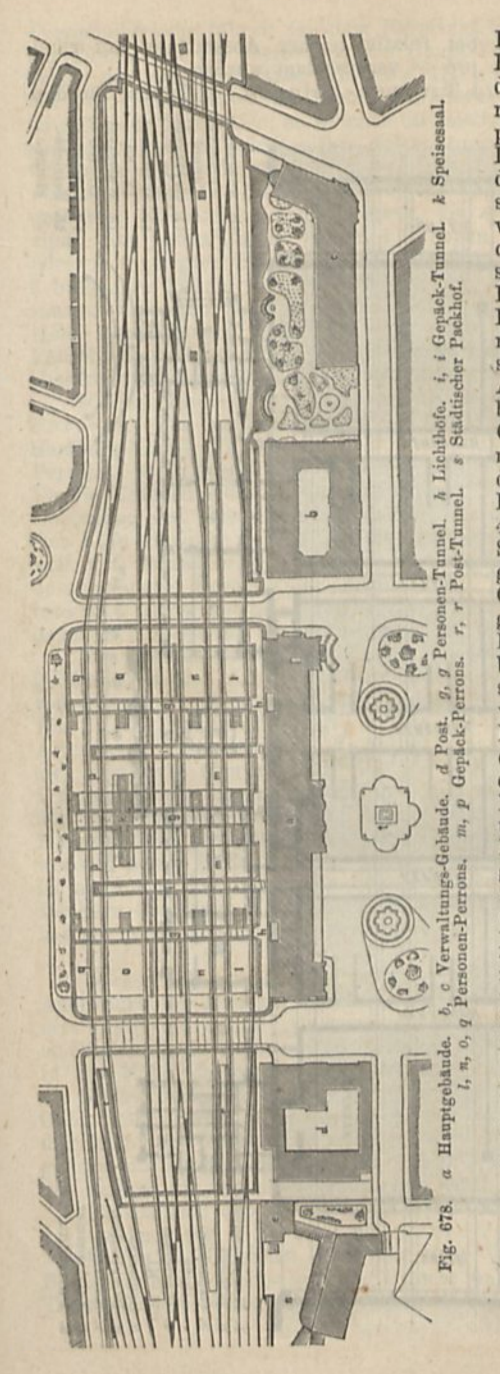


Fig. 678. *a* Hauptgebäude. *b*, *c* Verwaltungs-Gebäude. *d* Post. *g*, *g* Personen-Tunnel. *h* Lichthöfe. *i*, *i* Gepäck-Tunnel. *k* Speisesaal. *l*, *n*, *o*, *q* Personen-Perrons. *m*, *p* Gepäck-Perrons. *r*, *r* Post-Tunnel. *s* Städtischer Packhof.

Frei im Vestibül steht die Billetur mit 7 Schaltern für die verschiedenen Klassen; rechts davon liegt die Gepäck-Annahme, von 19,2 m Länge und 15 m Tiefe, durch eine offene Bogenstellung mit dem Vestibül verbunden. Links in gleicher Anordnung findet sich die Gepäck-Ausgabe. Da diese Räume vom Publikum passirt werden müssen, um die Wartesäle zu erreichen — eine Anordnung, die bei der beschränkten Tiefe des Gebäudes nicht zu vermeiden war — so ist durch Holzwände von 2,5 m Höhe ein Korridor von 4 m Breite an der vorderen Seite der Gepäckräume abgetrennt worden. Auf der Gebäude-Seite rechts folgen weiterhin Wartesaal I. u. II. Kl. und Speisesaal, beide durch offene Bogenstellung zu einem Raume von 15 m Tiefe und 32 m Länge verbunden; neben dem Wartesaal II. Kl. liegt ein Damenzimmer. Links liegen die Wartesäle III. und IV. Kl., von denen letzterer auch als Durchgang zur III. Kl. dient. 2 Eckbauten schliessen das Gebäude an den Enden ab. Der Pavillon der rechten Hälfte enthält die Kaiser-Räume, die in halber Höhe zwischen Platz und Bahnhofs-Planum liegen und durch eine äussere Fahrrampe erreicht werden. Ueber den Kaiserräumen ist ein Sitzungs-Saal angelegt. — Im linken Eckbau befinden sich in 3 Geschossen die Räume für den Betriebsdienst sowie 2 Dienstwohnungen; an der Rückseite des Gebäudes liegen eine Reihe kleinerer Betriebsräume.

Die Baukosten sind bei relativ reicher Ausstattung auf rund 1 250 000 M. oder 312 M. pro qm veranschlagt worden.

2. Die Tunnel- und Treppen-Anlagen. 3 Tunnel für den

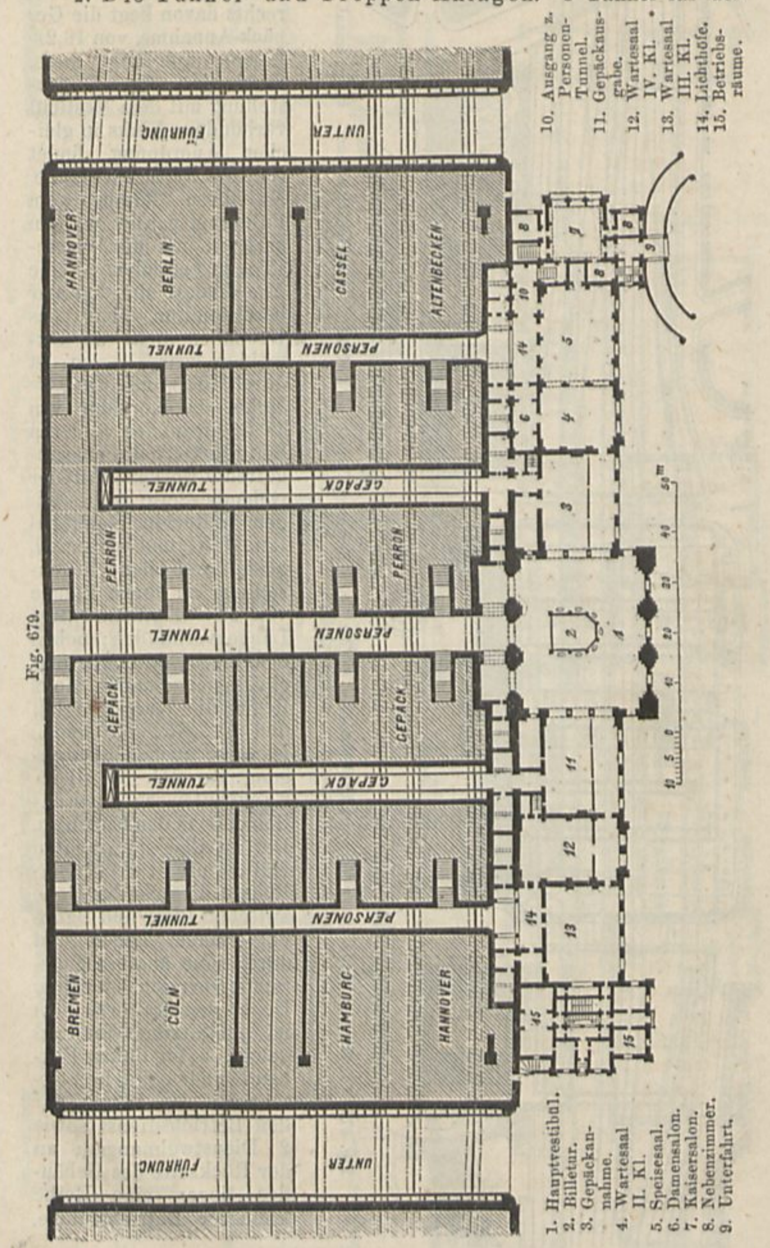


Fig. 679.

Personenverkehr führen aus dem Empfangs-Gebäude zu den Perrons: ein Tunnel von 7m Weite aus dem Haupt-Vestibül, 2 andere von 4m Weite aus den Wartesälen II. bezw. III. u. IV. Kl. Die Eingänge der letzt genannten beiden Tunnel erweitern sich vor den Wartesälen zu grösseren Lichthöfen, an welchen die Retiraden liegen. Die Tunnel sind überwölbt und erhalten ihre Beleuchtung theils durch die Treppen-Öffnungen, theils durch Oberlichter. Die Tunnel-Wände werden mit weissen, glasirten Kacheln bekleidet. Die über die Tunnel fort geführten Gleise ruhen auf Trägern, die von den Gewölben isolirt sind. Aus jedem Tunnel führen 4 Treppen auf die 4 zwischen den Gleisen angelegten Perrons. — Für die Gepäck-Beförderung dienen 2 besondere Tunnel von 3,5m Weite, die von den beiden Gepäckräumen ausgehen und aus denen das Gepäck durch hydraulische Hebe-Vorrichtungen befördert wird. Für die Verladung der Post-Päckereien sind besondere Tunnelanlagen ausgeführt, welche von dem abgetrennten Postgebäude aus zugänglich sind (vergl. Fig. 678).

3. Das Bahnhofs-Planum mit den Gleisanlagen und Perrons. Für den Verkehr der 4 Hauptlinien Hannover-Altenbeken, Hamburg-Kassel, Köln-Berlin und Bremen-Hannover sind 4 Personen-Perrons, je zwischen den 2 Gleisen der bezügl. Linien, angeordnet. Da die Treppen jedesmal auf einen dieser Perrons führen, so ist ein Uebergang von einer Linie zur andern nur durch die Tunnel möglich. Der Köln-Berliner Perron hat eine grössere Breite als die übrigen, weil auf demselben ein kleiner Speisesaal für die Passagiere der durchgehenden Kourierzüge errichtet wird. An den Enden der Perrons sind kleine Retiraden angelegt. — Zwischen den Personen-Perrons liegen 2 Perrons für die Beförderung der Gepäckstücke.

Das Planum wird in der Länge von 168m (der Länge des Hauptgebäudes) in der Art überdeckt, dass in der Entfernung von 4,5m vom Hauptgebäude eine erste Säulenreihe steht, dann eine erste Halle von 37,12m Spannweite folgt, welche die beiden Perrons Hannover-Altenbeken und Hamburg-Kassel überspannt. Hiernächst schliesst sich eine nicht überdeckte Breite von 13m an, in der 2 Güter- und 1 Passage-Gleis liegen, und es folgt dann eine 2. Halle über den beiden Perrons Köln-Berlin und Bremen-Hannover. Durch ein an das Hauptvestibül sich anschliessendes Querschiff von 38m Spannweite werden beide Hallen in der Mitte durchsetzt. Der erste Perron ist mit einem Pultdache, die beiden Hallen sind mit bogenförmigen Dächern überdeckt, deren Binder 6,75m weit liegen. Die Dach-Mitte hat ein Oberlicht von 18m Breite. —

Wesentlich anders, als bisher berücksichtigt, gestaltet sich die Anordnung der Empfangs-Gebäude für die Durchgangs-Bahnhöfe mit Insel-Perrons. Als maassgebend für die allgemeine Disposition solcher Gebäude ist voraus zu schicken, dass man frequente Strassen in der Nähe derselben wenn thunlich nicht in Schienenhöhe über die Gleise führt und besondere Zufuhrwege zum Vorplatz des Stations-Gebäudes abzweigt. Um für Fussgänger eine nähere Verbindung nach dem Empfangs-Gebäude zu schaffen, wird häufig unter den Bahnhofsgleisen ein Tunnel angelegt, der durch Treppen-Anlagen sowohl von der Strasse als von den Perrons aus zugänglich ist.

Hinsichtlich der spezielleren Disposition kommt es darauf an, ob das Gebäude für eine oder für mehre Verwaltungen bestimmt ist. Stehen die betr. Bahnen unter nur einer Verwaltung, oder wird der Betrieb durch gemeinschaftliche Beamte wahrgenommen, so ist eine Trennung der Räume für den Stations- und Expeditions-Dienst ent-

behrlich, im anderen Falle nicht. Bei der Gruppirung der übrigen Räume ist zu berücksichtigen, dass die Reisenden in ununterbrochener Reihenfolge von der nahe dem Haupt-Eingange anzulegenden Billetur nach der Gepäck-Annahme und den Wartesälen gelangen können, ohne sich gegenseitig zu hindern. Es sind ferner direkte Verbindungen der beiderseitigen Perrons mit dem Empfangs-Gebäude herzustellen, um den Uebergang von einer Route auf die andere zu er-

Fig. 680.

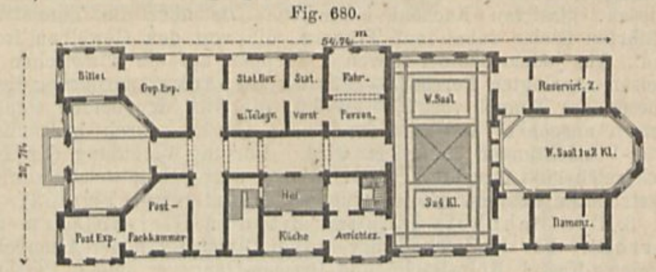
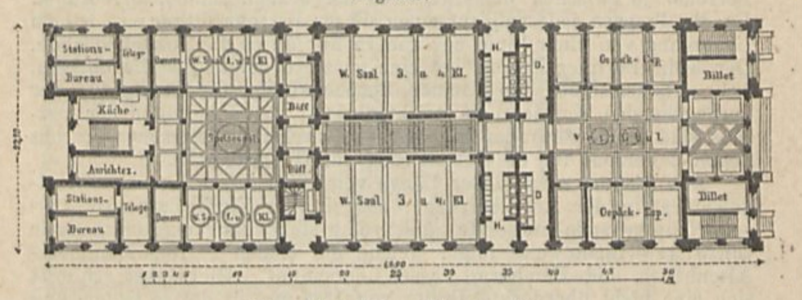


Fig. 682.



Maassstab 1 : 720 zu Fig. 680—682.

Fig. 681.

leichtern. — Die für den Stationsdienst bestimmten Räume sind zusammen zu legen und so zu disponiren, dass von ihnen aus eine möglichst gute Uebersicht über den Bahnhof stattfindet.

Beispiele für Empfangs-Gebäude auf Insel-Perrons:

Empfangs-Gebäude der Ostbahn auf Bahnhof Schneidemühl (Fig. 680). An das Vestibül schliessen sich einerseits die Billet-

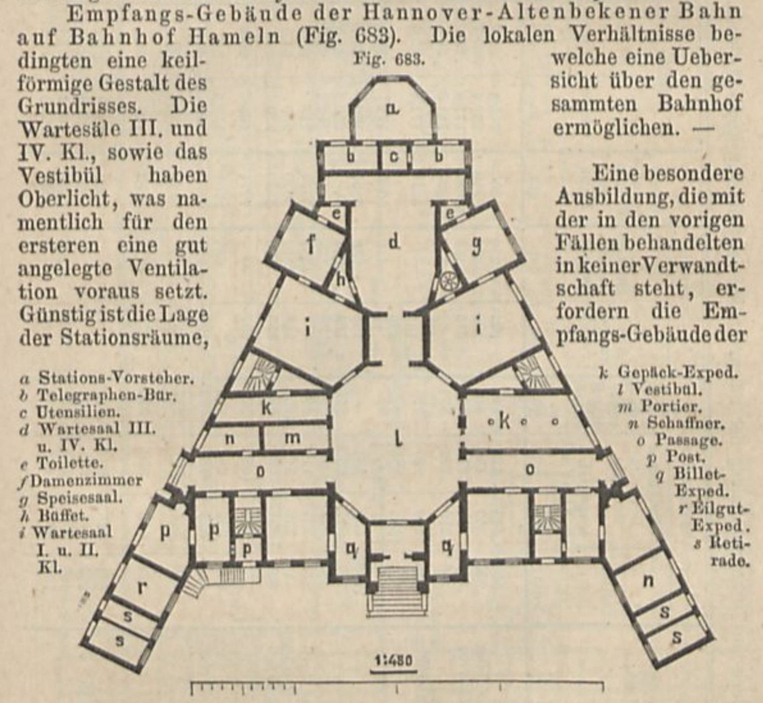
und Gepäck-Expedition, andrerseits die Postlokalitäten an. Ein breiter Korridor, welcher mittels einer quer durch das Gebäude gelegten Passage mit beiden Perrons in Verbindung steht, führt direkt nach den Wartesälen; die übrigen Räume liegen zu beiden Seiten dieses Korridors vertheilt, nämlich auf der einen Seite die Büreaus, auf der anderen die Wirthschaftsräume des Restaurateurs. Der zur Erleuchtung des Korridors angeordnete Lichthof kann als Wirthschaftshof benutzt werden. Der gesonderte Zugang zu den Wohnungen ist auf der einen Langseite angeordnet. —

Empfangs-Gebäude der Bergisch-Märkischen Bahn auf Bahnhof Hagen (Fig. 681). Die Räume gruppiren sich günstig und sehr übersichtlich um eine mit Glas überdeckte Halle. —

Empfangs-Gebäude der Märkisch-Posener Bahn auf Bahnhof Bentschen (Fig. 682). Die Anlage ist mit Rücksicht auf vollständig durchgeführte Trennung der Räume nach 2 Verkehrsrichtungen vollkommen symmetrisch und dabei klar disponirt.

Empfangs-Gebäude der Hannover-Altenbekener Bahn auf Bahnhof Hameln (Fig. 683). Die lokalen Verhältnisse bedingten eine keilförmige Gestalt des Grundrisses. Die Wartesäle III. und IV. Kl., sowie das Vestibül haben Oberlicht, was namentlich für den ersteren eine gut angelegte Ventilation voraus setzt. Günstig ist die Lage der Stationsräume, welche eine Uebersicht über den gesammten Bahnhof ermöglichen. —

Fig. 683.



Eine besondere Ausbildung, die mit der in den vorigen Fällen behandelten in keiner Verwandtschaft steht, erfordern die Empfangs-Gebäude der Kopf-Stationen. Dieselben nehmen im allgem. eine hufeisenförmige Grundform an, deren beide parallele Seiten eine Halle einschliessen, welche die für den Betrieb erforderlichen Perrons und Gleise überdeckt. Diese beiden Langbauten sondern sich für den Betrieb gewöhnlich derartig, dass der eine die Räumlichkeiten für den abgehenden, der andere die für den ankommenden Verkehr enthält. Der die Halle nach vorn begrenzende Kopfbau erhält je nach Oertlichkeit oder Disposition der Anlage eine mehr oder minder grosse Bedeutung für den Verkehr. Zuweilen ist dieser Kopfbau nur für die Zwecke des inneren Be-

triebsdienstes bestimmt und das verkehrende Publikum lediglich auf die Seitenbauten angewiesen, deren jeder ein besonderes Vestibül (Abfahrts- bez. Ankunfts-Vestibül) erhält. In anderen Fällen wieder wird ausser den Vestibülen und Verkehrs-Räumen in den Seitenbauten ein solches im Kopfbau theils für abgehende, theils für zugehende Reisende zur Entlastung jener angeordnet. Endlich wird der Kopfbau zuweilen zum ausschliesslichen Zugang ausgebildet und es werden selbst die Wartesäle ganz oder zum Theil in denselben gelegt.

Tabellarische Zusammenstellung der Raumverhältnisse grösserer Kopf-Stationen.

Ort	Bahn	Abgangsseite				Ankunftsseite		Ganze bebaute Fläche excl. Halle	Halle		Bemerkungen.
		Vestibül	Warte- und Restaurationssäle		Gepäck-Expedition.	Ausgangs-Vestibül	Gepäck-Ausgabe		Länge	Breite	
			I. u. II. Kl.	III. u. IV. Kl.							
		qm	qm	qm	qm	qm	qm	qm	m	m	
Berlin	Ostbahn	358	455	421	480	322	330	7600	188,5	37,7	
	Niederschl.-Märk. Bahn	270	303	438	449	180	396	6810	208,4	37,7	
	Berlin-Lehrte-Hannover	482	320	219	173	315	485	10082	177,8	35,8	
	Berlin-Görlitz	255	210	296	392	—	310	4820	121,5	36,6	
	Berlin-Potsdam-Magdebg.	256	270	225	196	{368 + 132}	—	5216	171,8	35,6	Gepäckausgabe in der Halle.
	Berlin-Anhalt	422	{545 + 370*)}	370	367	220 + 74	440	5600	172	59,5	*) Für den Lokalverkehr.
	Berlin-Stettin	1105	558	481	—	135	170	6100	129	37,7	
Mailand	Bahnhof	731	657	332	276	162	614	—	232,5	40,5	Kein Kopf-Bahnhof.
München	Staatsbahnhof	361	342	168	98	26	138	2440	113,2	27,7	
Paris	Chemin de fer du Nord	855	231*)	116*)	897	—	1554	10974	178	69,7	*) Hauptlinie.
	" " " d'Orléans	413	758	540	1200	266	1554	8020	280	51,6	
	" " " de Lyon	665	291	86	580	435	690	6320	220	42	
Stuttgart	Bahnhof	{955 + 988}	707	1056	225	207	—	7271	165	29,1	Gepäckausgabe in der Halle.
Turin	Bahnhof	630	382	280	872	—	656	5704	152,5	54	
Wien	Staatsbahn	423	553	182	663	198	592	6575	162	40,3	
	Nordwestbahn	460	544	287	277	555 + 112*)		8448	127,5	39	*) Für den Lokalverkehr.
	Südbahn	594	653	250	379	228 + 228*)	148 + 304*)	5192	148	36,1	*) Im oberen Geschoss.
	Nordbahn	681	325	204	157	826		4842	137,4	32,2	
	Franz-Josephs-Bahn	225	347	298	166	253		4394	138,2	28,7	
	Westbahn	455	256	178	115	312	190	6148	163,3	27,4	
Zürich	Ostbahn	738	484	408	335	449	—	5586	165,5	42,1	Gepäckausgabe in der Halle.

Den folgenden Beispielen wird eine vergleichende Tabelle über die Raumverhältnisse grösserer Kopf-Stationen voraus geschickt, welche als Anhalt für die Abmessung der Verkehrs-Lokalitäten dienen kann.

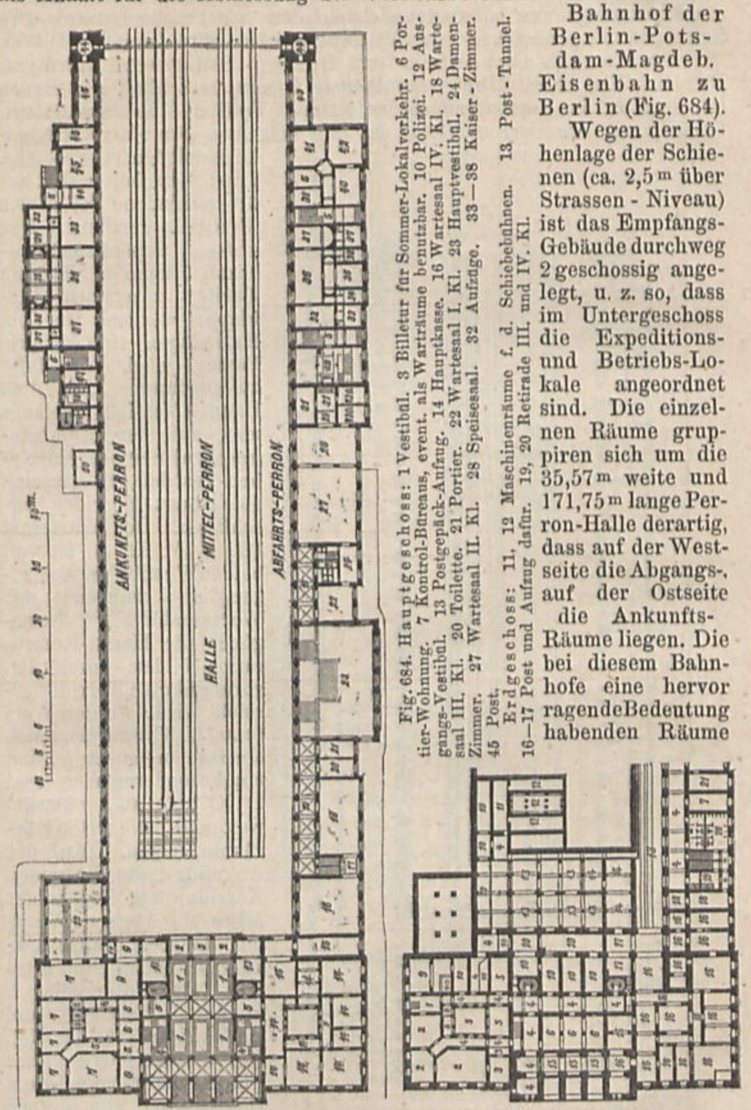


Fig. 684. Hauptgeschoss: 1 Vestibül. 3 Billetur für Sommer-Lokalverkehr. 6 Portier-Wohnung. 7 Kontrol-Büreaus, event. als Warträume benutzbar. 10 Polizei. 12 Ausgangs-Vestibül. 13 Postgepäck-Aufzug. 14 Hauptkasse. 16 Wartesaal IV. Kl. 18 Wartesaal III. Kl. 20 Toilette. 21 Portier. 22 Wartesaal I. Kl. 23 Hauptvestibül. 24 Damen-Zimmer. 27 Wartesaal II. Kl. 28 Speisesaal. 32 Aufzüge. 33—38 Kaiser-Zimmer. 45 Post.

Erdgeschoss: 11. 12 Maschinenräume f. d. Schiebebühnen. 13 Post-Tunnel. 16—17 Post und Aufzug dafür. 19, 20 Retirade III. und IV. Kl.

Bahnhof der Berlin-Potsdam-Magdeb. Eisenbahn zu Berlin (Fig. 684). Wegen der Höhenlage der Schienen (ca. 2,5 m über Strassen-Niveau) ist das Empfangs-Gebäude durchweg 2geschossig angelegt, u. z. so, dass im Untergeschoss die Expeditions- und Betriebs-Lokale angeordnet sind. Die einzelnen Räume gruppiren sich um die 35,57 m weite und 171,75 m lange Perron-Halle derartig, dass auf der Westseite die Abgangs-, auf der Ostseite die Ankunfts-Räume liegen. Die bei diesem Bahnhofe eine hervorragende Bedeutung habenden Räume für den Hof liegen am äussersten (südlichen) Ende der Halle. Kasse und Gepäck-Annahme befinden sich zu ebener Erde. Der Transport des Gepäcks aus der letzteren, ebenso wie aus der Post-Expedition nach der Verladestelle erfolgt durch einen unter dem Perron liegenden Tunnel; ein hydraulischer Aufzug befördert das Gepäck auf- und abwärts.

Der Kopfbau ist durch ein grosses Mittelvestibül mit vorliegender Freitreppe durchbrochen. Dasselbe soll namentlich als Ausgang für diejenigen Reisenden dienen, welche nur Handgepäck mit sich führen; ein 2. Ausgangs-Vestibül findet sich auf der östlichen Langseite. Die Seitenperrons sind 5,96 m, der Mittelperron ist 6,28 m breit. —

Empfangs-Gebäude der Berlin-Stettiner Bahn zu Berlin (Fig. 685). Die wesentlichste Eigenthümlichkeit des Baues ist, dass das im Kopfbau angeordnete Haupt-Vestibül eine unmittelbare Fortsetzung der Perronhalle bildet und dieselben Breiten- u. Höhen-Dimensionen hat wie diese. Die Billetschalter sind auf 3 verschiedene Seiten des Vestibüls vertheilt. Der grosse Gepäckannahme-Tisch *b* kann in einzelne Theile zusammen geklappt werden, um bei Extrazügen eine direkte Passage nach der Halle zu gewinnen. Aus dem Haupt-Vestibül gelangt man auf der Abfahrts- (rechten) Seite in ein Neben-Vestibül, an das sich ein Längs-Korridor anschliesst. Der Wartesaal III. u. IV. Kl. (*c*) ist von beiden Vestibülen aus zugänglich, während der Wartesaal II. Kl. (*d*), der zugleich die Haupt-Restauration bildet, durch den vorerwähnten Korridor erreicht wird. An den Wartesaal II. Kl. schliessen sich ein Damenzimmer (*e*) und ein besonderer Wartesaal I. Kl. (*f*) an, während weiterhin die Betriebsräume folgen. Auf der Ankunfts-Seite, die keinen Korridor hat, liegt in der Mitte ein Abgangs-Vestibül, daneben die Gepäckausgabe (*q*) und ein Wartesaal (*r*); hinten ein 2. kleineres Vestibül und ein Wartesaal für den Hof. Die vordere Partie dieses Flügels enthält wiederum Diensträume, die hintere die Lokalitäten der Post und weitere Diensträume.

Fig. 685.

Retiraden sind auf der Abfahrtsseite am Neben-Vestibül und am Korridor zwischen den beiden grossen Wartesälen, ausserdem an den äusseren Enden beider Seitenperrons der Halle angeordnet. —

Empfangs-Gebäude der Berlin-Anhalter Bahn zu Berlin (Fig. 686, 687). Der Hauptflur des Gebäudes liegt beträchtlich über Strassenhöhe. Dasselbe enthält die wesentlichsten Verkehrs-Räumlichkeiten in dem an der Kopfseite gelegenen Gebäudetheile. Vom Vorplatz aus betritt man das grosse Abgangs-Vestibül, an das sich links die Haupt-Billetur, rechts die Gepäck-Annahme anschliesst. Auf breiter, im oberen Lauf 2armiger Freitreppe gelangt man zu einem an der Hinterwand der Halle entlang führenden, mit dieser kommunizirenden Korridor, an den sich die Wartesäle anlehnen, die über den Billet- und Gepäck-Annahme-Räumen liegen und auf der rechten (Abfahrts-) Seite sich theilweise in den Seitenbau hinein erstrecken. Letzterer enthält in der Mitte die Räumlichkeiten f. den Hof und ist im übrigen ganz zu Betriebs-, Büreau- etc. Zwekken ausgenutzt. Ein Haupt-Ausgangs-Vestibül nebst Wartesaal ist in der Ecke zwischen Kopfbau und linkem Flügel angeordnet. Unter jenem Wartesaal liegt in Höhe der Zufuhrstrasse die Gepäck-Ausgabe, die noch mit einem 2., kleineren Ausgangs-Vestibül in Verbindung steht. Weiterhin folgen besondere Räumlichkeiten nebst einem Ausgang für den Hof.

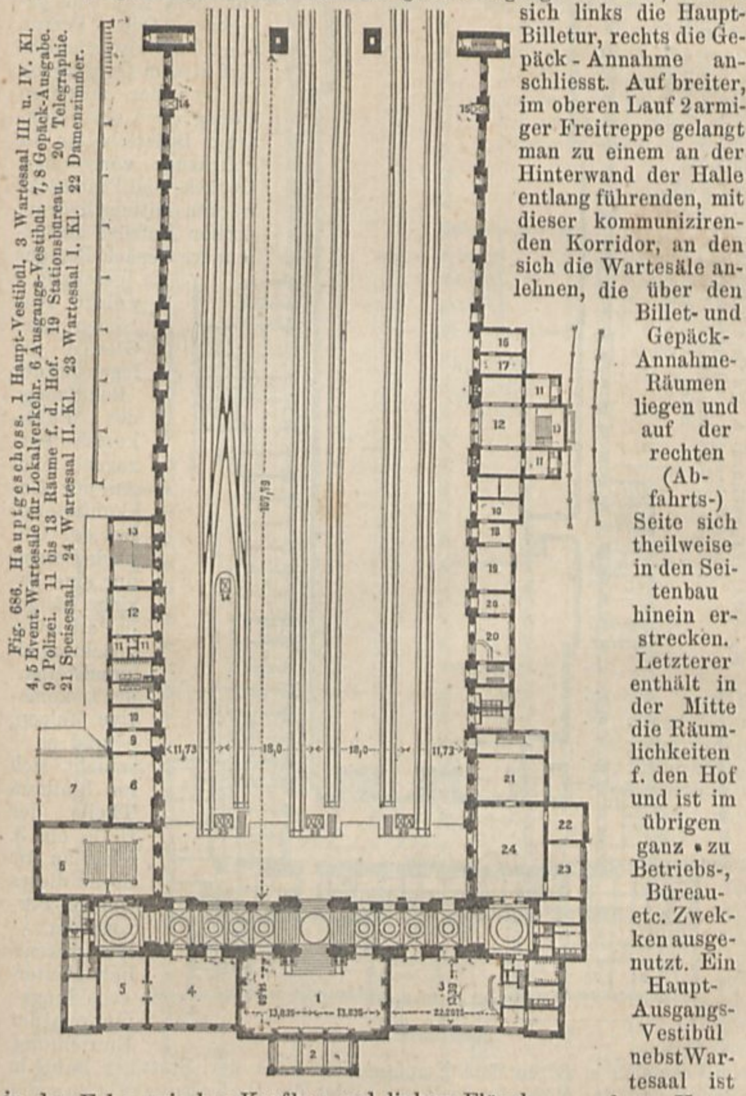


Fig. 686. Hauptgeschoss. 1 Haupt-Vestibül. 3 Wartesaal III u. IV. Kl. 4, 5 Event. Wartesäle für Lokalverkehr. 6 Ausgangs-Vestibül. 7, 8 Gepäck-Ausgabe. 9 Polizei. 11 bis 13 Räume f. d. Hof. 19 Stationsbüreau. 20 Telegraphie. 21 Speisesaal. 24 Wartesaal II. Kl. 23 Wartesaal I. Kl. 22 Damenzimmer.

Die mächtige, rot. 60 m weite, durch Bogenträger in einer Weite überspannte Halle enthält 2 Seiten- und 2 Mittelperrons von 7,35 m bezw. 8 m Breite, welche 3 Gleis-Systeme einschliessen und in einen vor dem Kopfbau gelegenen Quer-Perron von 20 m Breite münden. Auf diesem Querperron ist vor der mittleren Gleisgruppe ein besonderer Billetschalter für Extrazüge vorgesehen. Gepäck- und Poststücke werden mittels hydrauischer Aufzüge auf beondere Gepäck-Perrons geschafft, welche zwischen den Gleisen gelegen und der Benutzung des Publikums entzogen sind. An der Ankunftsseite hat der Gepäck-Perron nur eine geringe Länge, da Post- u. Gepäckwagen unmittelbar der Lokomotive folgen, und es schiebt sich im hinteren Theile der Halle ein 3. Gleis an die Stelle dieses Gepäck-Perrons ein. — Ein wesentliches Unterscheidungs-Merkmal der Einrichtung, im Vergleich z. B. zu dem Empfangs-Gebäude der Stettiner Bahn in Berlin und der Südbahn in Wien, bildet die Höhengestaltung des Haupt-Vestibüls und der anschliessenden Räume. Beim Anhalter Bahnhof liegen diese Räume in einem niedrigen Vorbau, bei den beiden anderen sind sie mit der Halle etwa gleich hoch geführt. —

Fig. 687. Erdgeschoss: *b, c, d* Gepäck-Expedition. *g* Billet-Ausgabe. *i, k* Restaurateur-Wohnung. *n, n* Gepäck-Aufzüge. *o* Portier-Wohnung. *p, q* Hallen-Arbeiter u. Verwaltungsräume. *t* und *v* Räume bezw. Aufzüge für die Post. *x* Gepäck-Ausgabe. *y* Bureaus. *z* Ausgangs-Vestibül. ⊓⊔ Luftheizkörper. *D* Durchfahrt.

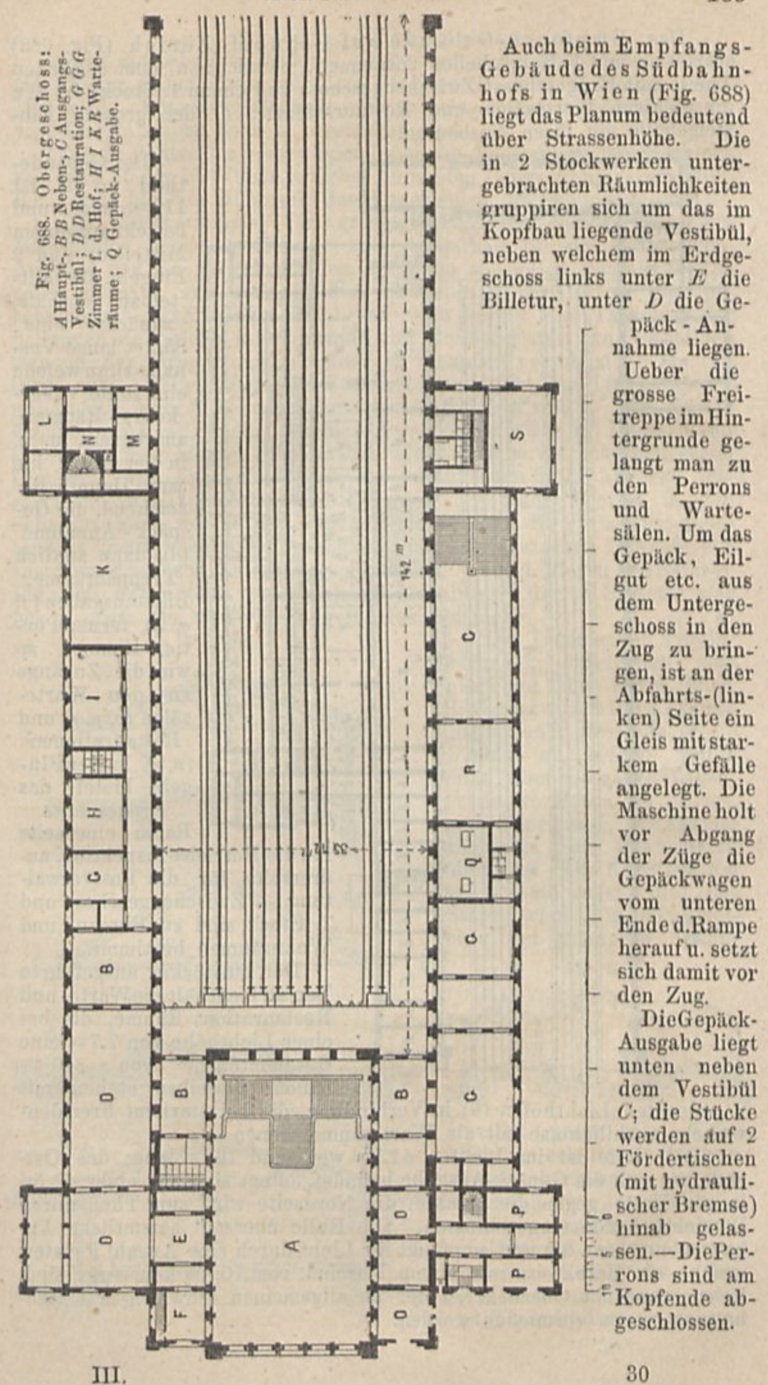


Fig. 688. Obergeschoss: *A* Haupt-, *B B* Neben-, *C* Ausgangs-Vestibül; *D D* Restauration; *G G G* Zimmer f. d. Hof; *H I K R* Warteräume; *Q* Gepäck-Ausgabe.

Auch beim **Empfangs-Gebäude des Südbahnhofs in Wien** (Fig. 688) liegt das Planum bedeutend über Strassenhöhe. Die in 2 Stockwerken untergebrachten Räumlichkeiten gruppiren sich um das im Kopfbau liegende Vestibül, neben welchem im Erdgeschoss links unter *E* die Billetur, unter *D* die Gepäck-Annahme liegen. Ueber die grosse Freitreppe im Hintergrunde gelangt man zu den Perrons und Wartesälen. Um das Gepäck, Eilgut etc. aus dem Untergeschoss in den Zug zu bringen, ist an der Abfahrts-(linken) Seite ein Gleis mit starkem Gefälle angelegt. Die Maschine holt vor Abgang der Züge die Gepäckwagen vom unteren Ende d. Rampe herauf u. setzt sich damit vor den Zug.

Die Gepäck-Ausgabe liegt unten neben dem Vestibül *C*; die Stücke werden auf 2 Fördertischen (mit hydraulischer Bremse) hinab gelassen.—Die Perrons sind am Kopfende abgeschlossen.

Das Empfangs-Gebäude auf Bahnhof Zürich (Fig. 689) setzt sich aus 3 Haupttheilen zusammen, nämlich: a) dem südlichen Theile mit Erdgeschoss, Zwischengeschoss und einem 1. Stock; b) den einstöckigen Wartesälen und Restaurationen; c) der grossen Einsteigehalle mit ihren Ausbauten.

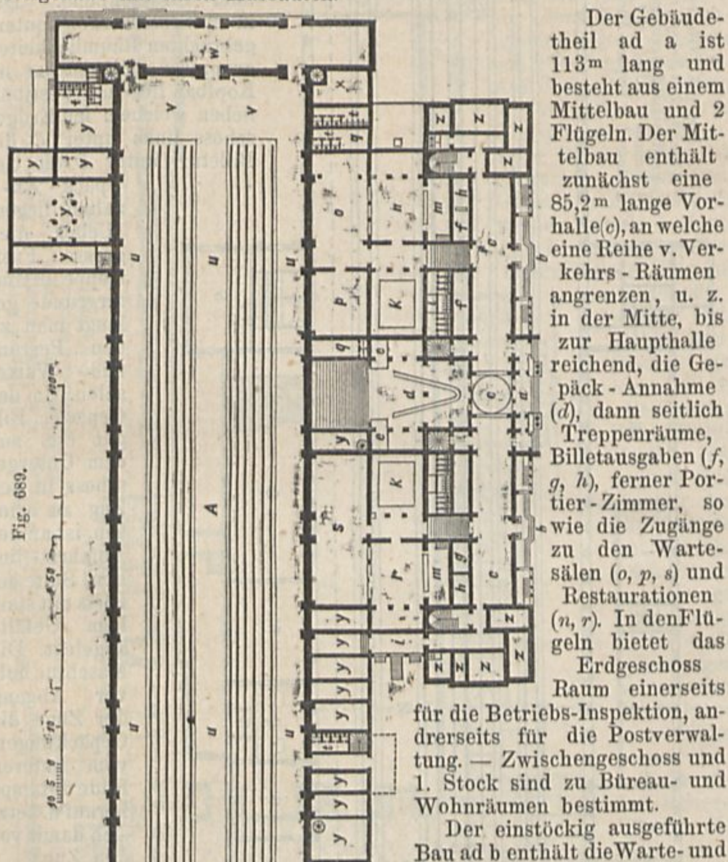


Fig. 689.

Der Gebäudetheil ad a ist 113^{m} lang und besteht aus einem Mittelbau und 2 Flügeln. Der Mittelbau enthält zunächst eine 85,2^{m} lange Vorhalle (*c*), an welche eine Reihe v. Verkehrs-Räumen angrenzen, u. z. in der Mitte, bis zur Haupthalle reichend, die Gepäck-Annahme (*d*), dann seitlich Treppenräume, Billetausgaben (*f*, *g*, *h*), ferner Portier-Zimmer, so wie die Zugänge zu den Wartesälen (*o*, *p*, *s*) und Restaurationen (*n*, *r*). In den Flügeln bietet das Erdgeschoss Raum einerseits für die Betriebs-Inspektion, andrerseits für die Postverwaltung. — Zwischengeschoss und 1. Stock sind zu Büreau- und Wohnräumen bestimmt.

Der einstöckig ausgeführte Bau ad b enthält die Warte- und Restaurations-Räume, die bei einer Lichthöhe von 7,7^{m} eine Gesammtfläche von 810^{qm} haben; dieselben stehen mit 2 gedeckten Lichthöfen (*k*) in Verbindung, die bei starkem Fremdenverkehr aushilfsweise mit als Warteräume dienen.

Die Halle ist im Lichten 41,5^{m} weit und 165^{m} lang; das Ostende, wo sich die Gepäck-Ausgabe befindet, öffnet sich mit einer 61,5^{m} langen Halle gegen die Strasse; die Nordseite wird zum Theil durch Betriebsgebäude eingeschlossen. Die Halle überragt sämmtliche Anbauten um etwa 9^{m} und empfängt ihr Licht durch eine Anzahl Fenster, welche als Halbkreise mit einem Durchm. von 10,8^{m} konstruirt sind. Beleuchtung mit Oberlicht ist der im allgemeinen schwierigen Unterhaltung wegen vermieden worden. —

2. Güter-Schuppen.

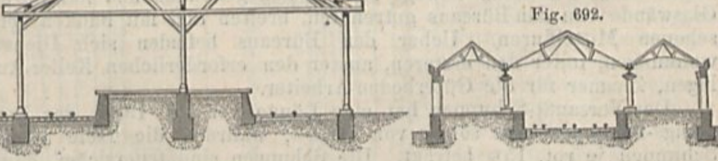
Die Güterschuppen bilden — ausgenommen bei Haltestellen, für die ein kleiner Raum direkt mit dem Stations-Gebäude verbunden angelegt wird — besondere Gebäude, die so belegen sein müssen, dass sie vom Landfuhrwerk bequem erreichbar sind.

Die in Deutschland vorwiegend übliche Bauform ist ein Rechteck von etwa 10 bis 16 m Tiefe, welches an beiden Langseiten aussen Lade-Perrons in gleicher Höhe mit dem Lagerboden des Schuppens enthält.

Die Güterschuppen für grössere Stationen haben besondere Expeditions-Büreaus, Zimmer zum Aufenthalt für die Güterboden-Arbeiter und da, wo erforderlich, auch die speziellen Räumlichkeiten nebst Büreaus zur zollamtlichen Behandlung der Güter. Bei erheblichem Verkehr findet wohl von vorn herein eine Trennung der Schuppen in solche für Versandt und Empfang statt und es bilden sich in der Gruppirung derselben zu einander verschiedene Modalitäten aus. Fälle, dass die Zufuhrstrassen für das Landfuhrwerk mit in den inneren Schuppenraum hinein geführt sind — wie dies in England fast allgemein geschieht, — finden sich in Deutschland selten; es mag hierbei die Annahme einer geringeren Sicherheit gegen Diebstahl und auch die Grösse der inländischen Rollfuhrwerke entscheidend sein. Selbst die Einführung des Lade-Gleises in den Schuppenraum, welche den Vortheil bietet, dass die Verladung unbehindert durch Wände erfolgen kann, ist bei deutschen Bahnen nur ausnahmsweise zur Anwendung gekommen. (Vergl. hierzu die Skizzen Fig. 690, 691 u. 692, welche einige Modalitäten dieses Systems klar legen, sowie ein weiterhin angeführtes Beispiel.) —

Fig. 690.

Die Technischen Vereinbarungen bezeichnen eine Flurhöhe von 1,12 m über S.-O. als zweckmässig. Ebenso empfehlen dieselben, die Dächer an beiden Seiten mind. über die ganze Wagenbreite vortreten zu lassen, eine Anordnung, wie sie fast allgemein in Deutschland üblich ist. Die Konstruktion ist dabei meist die des Satteldaches Fig. 693, welches bei grösseren Spann-


Fig. 691. Fig. 692.

weiten unter der First Stützen erhält; die Streben des Dachverbandes werden einerseits von jenen Mittelstielen, andrerseits von Hülfsstielen aufgenommen, welche beiderseits der Aussenmauer liegen und auf Konsolsteinen aufstehen.

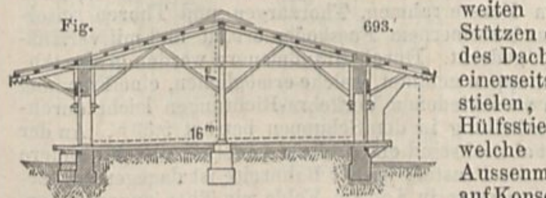
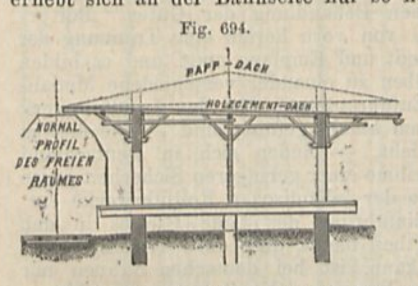


Fig. 693.

Die Eindeckung der Schuppen erfolgt vielfach in Pappe, doch ist die Schieferdeckung vorzuziehen. Genügt bei tiefen Schuppen die Zuführung des Lichtes durch seitliche Fenster nicht, so ist Oberlicht hinzu zu fügen, welches beiderseits der First oder über derselben angebracht wird. — Der Fussboden, welcher meist aus Eichenbohlen besteht, wird in den nicht unterkellerten Schuppentheilen auf einer trockenen Erdschüttung verlegt.

Als besonders geeignet für kleinere Schuppen hat sich die Form eines flachen Pultdaches mit Holzzement-Deckung (Fig. 694) erwiesen, dessen Neigung $^1/_{25}$ bis höchstens $^1/_{15}$ der Tiefe ist. Das Dach erhebt sich an der Bahnseite nur so hoch, dass das Normalprofil des lichten Raumes unbeeinträchtigt bleibt, und fällt gegen den Vorplatz ab, so dass nur an diesem eine Wasserableitung nöthig ist. Das Holzzement-Dach gehört zu den billigeren Dächern und ist gegen Flugfeuer absolut unempfindlich. Es kommt bei der Konstruktion auch eine erhebliche Ersparniss an Mauerwerk der Längs- und Giebelmauern in Betracht. —

Fig. 694.



Nachstehend folgen einige Beispiele neuerer grösserer Güterschuppen-Anlagen deutscher Eisenbahnen.

Güterschuppen-Anlage der Berlin-Potsdam-Magdeb. Eisenbahn zu Berlin (Fig. 695). Der Grundriss zeigt die Anordnung von zwei rechteckigen Schuppen für den Versandt bezw. Empfang der Güter, die 18,83^m breite Zufuhrstrasse für Fuhrwerk zwischen den Schuppen, die Gleise an den Aussenseiten derselben liegend. Am Ende des Empfangs-Schuppens befinden sich die Abtheilungen für den inländischen und ausländischen Steuer-Verkehr, am Ende des Versandt-Schuppens eine besondere Abtheilung für Säuren und Chemikalien. — Die Gleis-Gruppen zu beiden Seiten der Schuppen enden in eine grosse Drehscheibe zum Aussetzen einzelner Wagen; hinter den Schuppen verbindet dagegen eine Schiebebühne ohne versenkte Gleise mit Dampfbetrieb die Gleis-Gruppen für Empfang und Versandt. — Eine besonders geräumige Anordnung ist für die Expeditions-Gebäude gewählt, die vor den Kopf-Enden liegen. Das Publikum bewegt sich in den geheizten und nur durch Glaswände von den Büreaus getrennten, breiten und mit Bänken versehenen Mittelfluren. Ueber den Büreaus befinden sich Dienstwohnungen, unter den ersteren, ausser den erforderlichen Keller-Anlagen, Zimmer für die Güterboden-Arbeiter.

Der Versandt-Schuppen hat eine Länge von rot. 198^m, der Empfangs-Schuppen eine solche von 235,5^m, während die Tiefe beider Schuppen je rot. 15^m beträgt. Die Schuppen sind feuersicher, ganz massiv, mit eisernen Fensterrahmen, Thorzargen und Thoren, eisernem Dachverband und steinernem Fussboden erbaut und mit verzinktem Eisen-Wellblech gedeckt. Durch Brandmauern werden grosse Abtheilungen in den Schuppen gebildet, welche ermöglichen, eine Trennung der Güter nach den verschiedenen Verkehrs-Richtungen leicht durchzuführen. Die Axentheilung in den Schuppen beträgt 5,33^m. An der Strassenseite enthält abwechselnd ein Feld ein Ladethor und das andere Feld ein hoch liegendes Fenster; an der Bahnseite ist dagegen zur Erleichterung des Ladeverkehrs in jedem Felde ein Thor angenommen.

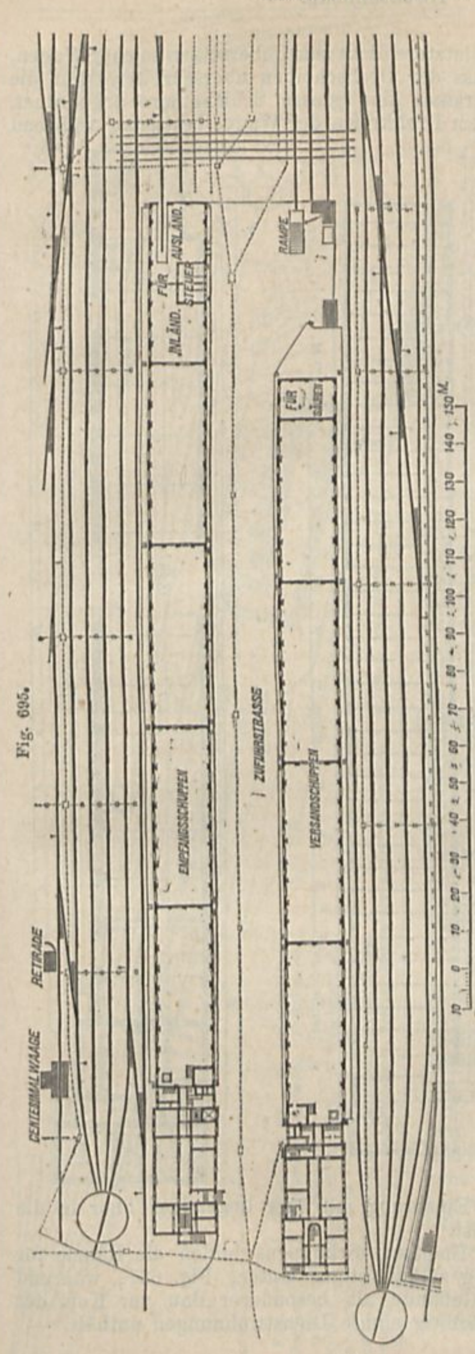


Fig. 695.

Die Güterschuppen auf dem neuen Güterbahnhofe zu Hannover (Fig. 696, 697) sind in ⊔ Form angelegt und es bilden die lang gestreckten Seiten bezw. Empfangs- und Versandt-Schuppen, während der Kopfbau mit beiden Flügeln kommunizirt, also je nach Lage des Verkehrs sowohl für den einen als den anderen Verkehr heran gezogen werden kann. Die beiden Seitenflügel sind je etwa 180ᵐ lang und einschl. der Mauerstärken 21ᵐ tief. Die Beziehung zum Fuhrwerks- u. Gleise-Verkehr ist hier umgekehrt wie bei den Schuppen der Berlin-Potsdam-Magdeb. Bahn durchgeführt, da die Zufuhr-Strassen für das Landfuhrwerk an den Aussenseiten, die Bahn-Gleise dagegen in dem inneren Raum zwischen den Flügelbauten liegen. Die beiden äusseren Parallelgleise sind in die Schuppen selbst hinein geführt, so dass die Ent- und Beladung der Eisenbahnwagen vollständig unter Dach und unbehindert durch Wände oder die Stellung d. Thore erfolgen kann. Die Leistungsfähigkeit für das Verladen der Güter ist hierbei eine erhebliche. Die Anfahrt der Landfuhrwerke ist im Interesse der Sicherheit gegen Diebstahl ausserhalb der Schuppen belassen worden, jedoch für die Verladung durch einen breiten Dach-Ueberstand geschützt. Die Gleise in und zwischen den Schuppen sind durch 2 Drehscheiben-Strassen und am Kopfende durch eine

Schiebebühne verbunden; letztere dient zum Uebersetzen solcher Wagen, deren Radstand das Maass der Drehscheiben überschreitet. Für die beiden Drehscheiben-Strassen sind grosse Schiebethore angeordnet, deren Weite sich nach dem Drehkreise der Wagen bestimmt, während

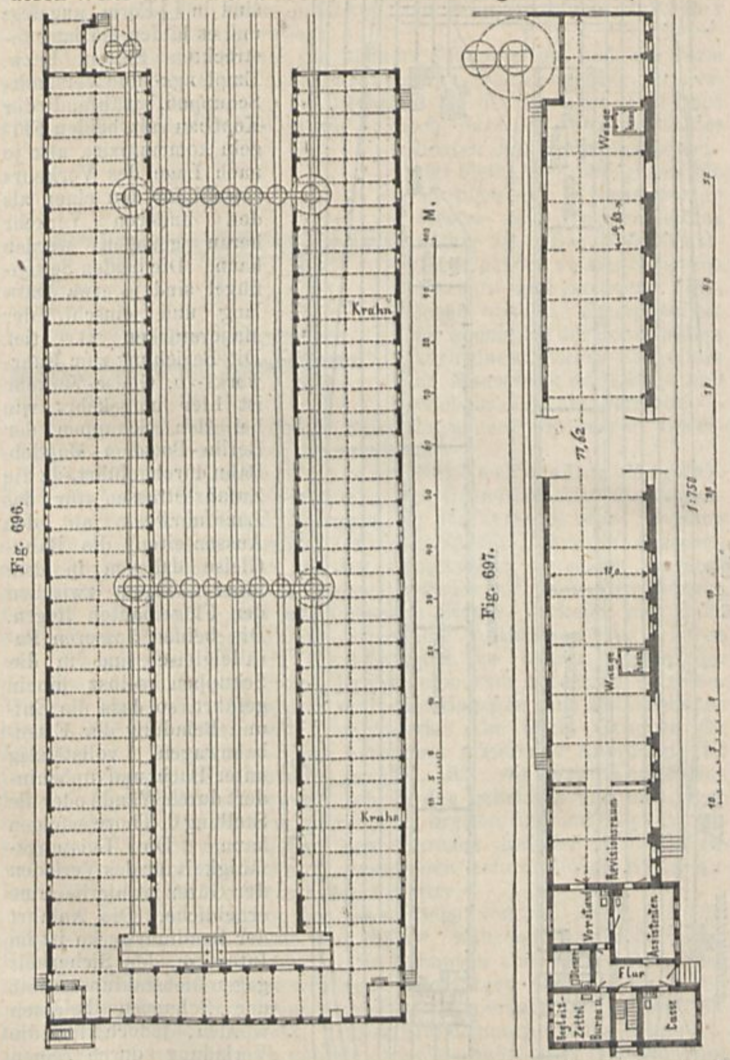


Fig. 696. Fig. 697.

für die Schiebebühne ein Einsprung mit quer liegendem Thor in die Schuppen gelegt worden ist.

Die Fortsetzung des Empfangs-Schuppens bilden die Räume für die steuerliche Abfertigung zollpflichtiger Güter, Fig. 697, während das Haupt-Expeditions-Gebäude als besonderer Bau vor Kopf der Schuppen liegt und gleichzeitig einige Dienstwohnungen enthält. —

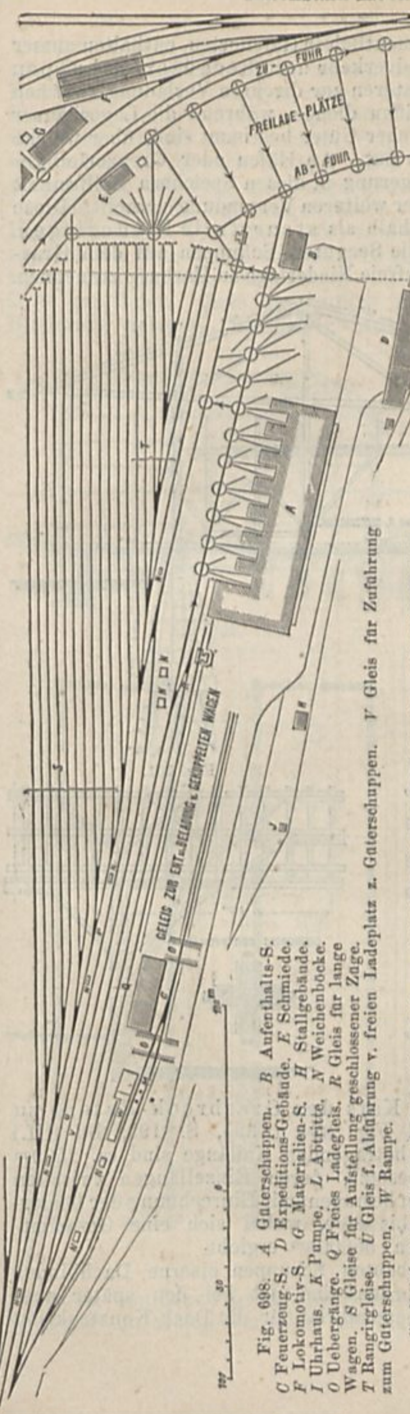


Fig. 698. *A* Güterschuppen. *B* Aufenthalts-S. *C* Feuerzeug-S. *D* Expeditions-Gebäude. *E* Schmiede. *F* Lokomotiv-S. *G* Materialien-S. *H* Stallgebäude. *I* Uhrhaus. *K* Pumpe. *L* Abtritte. *N* Weichenböcke. *O* Uebergänge. *Q* Freies Ladegleis. *R* Gleis für lange Wagen. *S* Gleise für Aufstellung geschlossener Züge. *T* Rangirgleise. *U* Gleis f. Abführung v. freien Ladeplatz z. Güterschuppen. *V* Gleis für Zuführung zum Güterschuppen. *W* Rampe.

Güterschuppen d. Rhein. Eisenbahn auf Bahnhof St. Gereon zu Köln. (Fig. 698). Die Anlage basirt auf einer ausgedehnten Anwendung des Drehscheiben-Systems, wobei die Drehscheiben hauptsächlich zur Ab- und Zuführung der Wagen sowohl zum Schuppen als zu den Freiladeplätzen, nach Massgabe der in die Skizze eingetragenen Pfeilrichtungen dienen. Der Schuppen ist als offene Halle konstruirt. Von 7 Drehscheiben führen 14 Schienenstränge zum Schuppen, an deren jedem ein Wagen ent- oder beladen werden kann; von einer 8. Drehscheibe aus geht ein längeres Gleis vor die Querseite des Schuppens; am entgegen gesetzten Ende dient ein durch Weichen zugängliches Gleis zur Be- und Entladung der langen Wagen, welche die Drehscheiben nicht passiren können. Zwischen den kurzen Gleisen, die an die Drehscheiben anschliessen, sind überdachte Räume für die Bühnenmeister, Büreaus etc. eingebaut; die Arbeiter auf dem unüberdacht gelassenen Ladeboden sind dagegen vollständig der Witterung ausgesetzt.

Für das Hauptgeschäft, welches der Schuppen vermittelt, das Umladen, sind an den Pfeilern Lagerplätze für die (mehr als 30 betragenden) Routen und Empfangsstellen etablirt. Das System ermöglicht eine sehr rasche Ab- und Zuführung jedes einzelnen Wagens von und zur Bühne und hat sich für die Betriebs-Verhältnisse des Bahnhofs St. Gereon aufs beste bewährt. In neuester Zeit hat dies System auch anderweit Anwendung gefunden. —

Grössere Güterbahnhöfe, namentlich in Hafenorten, enthalten ausser den Güterschuppen für den Landverkehr noch Seegüter-Schuppen und Lagerhäuser, welche ersteren zur direkten Verladung zwischen der Eisenbahn und den Seeschiffen dienen, während die Lagerhäuser zur längeren Aufspeicherung solcher Güter bestimmt sind, über welche der Besitzer noch nicht verfügt hat. An Häfen oder Grenzorten gewährt man meistens für die Lagerung in diesen Speichern Zollfreiheit und die Güter werden erst bei der weiteren Versendung verzollt. Diese Lagerhäuser bezeichnet man deshalb als steuerfreie Niederlagen.

Als Beispiele sind u. a. die Seegüter-Schuppen auf dem Grasbrook zu Hamburg und die steuerfreie Niederlage zu Harburg zu nennen:

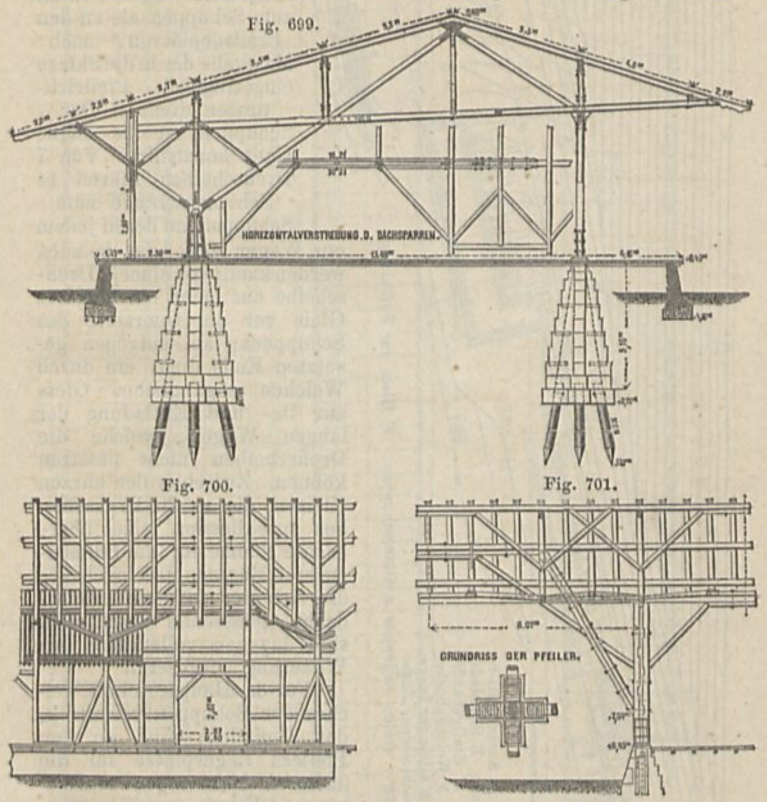


Fig. 699. Fig. 700. Fig. 701.

Güterschuppen an den Kais des Grasbrook-Hafens zu Hamburg (Fig. 699—701 und Fig. 394 u. 395, S. 195, Bd. III.) Von der gesammten, ca. 4000 m betragenden Kailänge sind ca. 2500 m mit Reihen grosser Schuppen besetzt, deren Einzellängen zwischen 90 und 230 m variiren. Die Breiten betragen, mit Einrechnung der beiderseitigen Perrons, zwischen 15 bis 26 m, wobei sich eine Gesammt-Bodenfläche der Schuppen von ca. 55000 qm ergiebt.

Während bei den früher erbauten Schuppen eiserne Dachbinder (Fig. 394, S. 195) verwendet worden sind, ist bei den später ausgeführten das Eisen nur als Nebenmaterial für die Dach-Konstruktion

benutzt worden und, abgesehen von Details, das in Fig. 395 dargestellte System beibehalten, von welchem Fig. 699—701 die wichtigeren Konstruktions-Anordnungen zeigt. Die Schuppen sind nur nach der Landseite hin geschlossen, und zwar wird der Abschluss bei einigen derselben durch eine massive Wand, bei anderen durch Bretterwände bezw. Fachwerk bewirkt. Die Dächer sind auf 2,5 cm starker, gespundeter Schalung mit Pappe gedeckt.

Die kreuzförmig ausgebildeten, gemauerten Fundamente der Hauptstützen (s. Fig. 699 u. 701) sind von den Perron-Mauern isolirt, so dass das Setzen der einzelnen Bautheile unabhängig vor sich gehen kann; man hat von vorn herein auf ein Setzen der Fussböden von 20 cm gerechnet. Jede Hauptstütze ist mit 2 in der Richtung der Binderaxe gelegten Flacheisen - Ankern mit den Rostpfählen der Fundamentkörper verbunden und es sind zur weiteren Sicherung dieses Verbandes im Mauerkörper mehrfach Splinte angebracht. Gegen das Abheben der Binder vom Kopfe der Stützen dienen kräftige Eisenschienen und ein durch die ganze Dachkonstruktion laufender Verband aus schweren Eisentheilen.

Fig. 703.

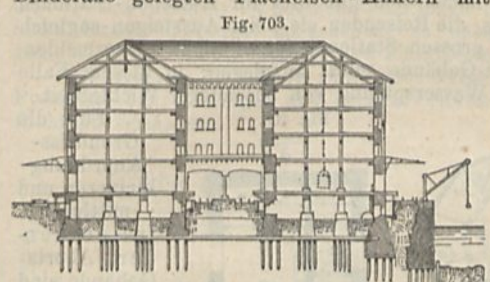
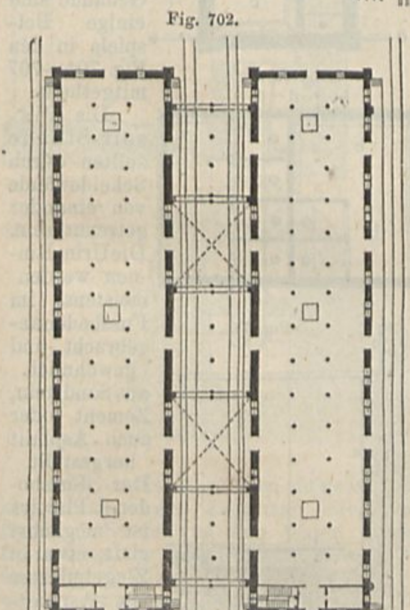


Fig. 702.



Der Fussboden in den Schuppen besteht aus einer rauhen Bohlung von 7 cm Stärke; in der Mittelaxe ist ein 1,7 m breiter Streifen mit Eisenblechen von 5 mm Stärke zur Herstellung einer Karren-Bahn benagelt worden. Die Karren-Bahnen sind an Dezimalwaagen-Plätze, welche zahlreich in den Schuppen vorkommen, angeschlossen. Zur Uebergabe der Güter nach und von der Landseite dienen Thoröffnungen von 2,70 . 2,78 m Grösse, die durch Schiebethore aus Eisen mit Verkleidung aus Wellblech geschlossen sind. —

Bei der steuerfreien Niederlage zu Harburg (Fig. 702 u. 703) sind die parallel neben einander liegenden Schuppen von der Quaimauer, auf welcher hydraulische Krahne zu etwa 20 Z Tragfähigkeit aufgestellt sind, so weit entfernt, dass noch ein Gleis Platz findet. Die beiden Schuppen, von denen der an der Bahnseite liegende als Lagerschuppen für Güter im freien Verkehr, der andere zur zollfreien Niederlage

von Gütern dient, sind durch mehre Querbauten in den verschiedenen Geschossen mit einander verbunden. Die Balkenlage ist auf 2350kg pro qm bei 10facher Sicherheit berechnet worden. —

Die Etagenhöhe bei Lagerhäusern beträgt 2,8 bis höchstens 3,0m; die Fenster müssen möglichst hoch und durch Gitter gegen Einbruch gesichert sein. Für die Kellerräume sind steinerne Pfeiler und muldenförmige Plasterung oder Asphaltirung der Sohle zu empfehlen. —

3. Retiraden-Gebäude.

Die zweckmässige Anlage der Aborte auf den Stationen ist im Interesse des Publikums besonders zu beachten. Die Aborte müssen viel Licht, helle, reinliche (am besten mit hellen Kacheln bekleidete) Wände erhalten und — namentlich gilt dies für Zwischen-Stationen — so gelegen sein, dass die Reisenden sie beim Aussteigen sogleich erblicken können. Bei grossen Stationen ist es nicht zu vermeiden, die Aborte im Empfangs-Gebäude selbst anzulegen; in diesem Falle ist gute Ventilation und Wasserspülung von besonderer Wichtigkeit.

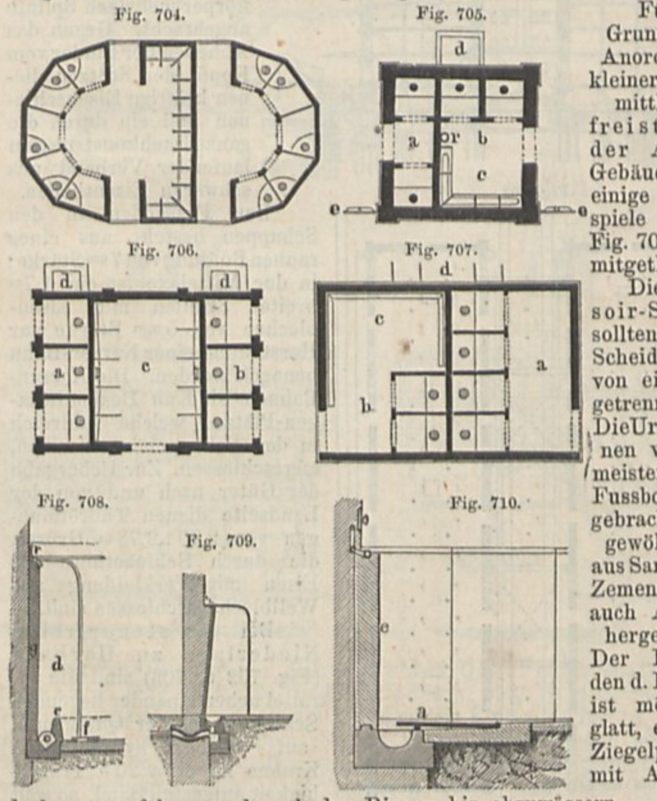


Fig. 704. Fig. 705. Fig. 706. Fig. 707. Fig. 708. Fig. 709. Fig. 710.

Für die Grundriss-Anordnung kleinerer und mittlerer freistehender Aborts-Gebäude sind einige Beispiele in den Fig. 704—707 mitgetheilt.

Die Pissoir-Stände sollten durch Scheidewände von einander getrennt sein. Die Urin-Rinnen werden meistens im Fussboden angebracht und gewöhnlich aus Sandstein, Zement oder auch Asphalt hergestellt. Der Fussboden d. Pissoirs ist möglichst glatt, etwa in Ziegelpflaster mit Asphaltdecke, auszuführen und nach den Rinnen hin abzuwässern.

Fig. 708 zeigt eine Anordnung der Pissoirstände von der Badischen Staatsbahn. Zwischenwand, Rückwand, Rinne, Vorsatz und Fussplatte sind von Zement gefertigt. Die Fussplatte (c) ragt, um den Stand trocken zu halten, etwas über Fussbodenhöhe hervor.

Bei Fig. 709 (Hannoversche Staatsbahn) bestehen die Zwischenwände aus Schieferplatten von 20 mm Stärke und 1,45 m Höhe. Die Einmündung der Rinne in die Kanal-Leitung erfolgt mit Wasserverschluss.

Bei Fig. 710 (Südbahnhof in Wien) besteht die Rückwand aus polirten Marmorplatten, der Fussboden aus Ziegelpflaster mit Asphaltschicht. Die Stände, welche ohne Theilungswände sind, haben eine gitterförmige Fussboden-Platte. —

Für die Abtritt-Sitze hat man mannichfache Anordnungen getroffen; am zweckmässigsten ist es, die Sitze bequem und sauber auszuführen, den Raum luftig zu machen und mit reichlichem Licht zu versehen. Geeignete Abmessungen sind: Breite der Zelle 0,90 m, Tiefe der Zelle vor dem Sitze 0,70 m, Sitz-Tiefe 0,50 m, Sitz-Höhe 0,47 m. Das Sitzbrett ist horizontal zu legen und die Sitzöffnung oval (nach hinten erweitert) zu machen, so dass sie 6 cm vom vorderen Rande beginnt, 0,31 m lang ist und als grösste Breite 0,23 m hat.

Die Aborts-Trichter sind von weiss emaillirtem Gusseisen, Porzellan oder Steingut mit gerader Hinterwand herzustellen und dicht zu vermauern.

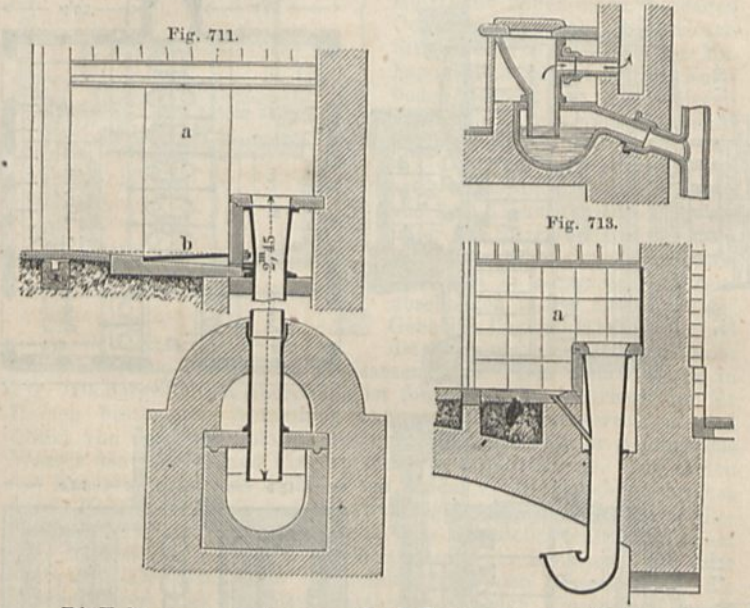


Fig. 711. Fig. 712. Fig. 713.

Die Exkremente werden entweder in Tonnen gesammelt, die zu Zeiten abgefahren werden, oder man leitet den Unrath in Gruben, wobei die flüssigen Stoffe von den festen getrennt werden, oder endlich man führt dieselben durch Wasserspülung mittels Rohrleitung in fliessende Gewässer. Die zweite Methode ist namentlich dann empfehlenswerth, wenn sowohl die festen als die flüssigen Exkremente durch Zuführung von Spülstoffen geruchlos gemacht werden können. Die flüssigen Theile können alsdann in jede Kanal-Leitung abgelassen und die festen ausgegraben und abgefahren werden. Vergl. hierzu die Fig. 711, 712 und 713 und, als mehr eingehendes Beispiel einer Anlage mit Tonnen, die Fig. 714 und 715, welche eine normale Anlage von der

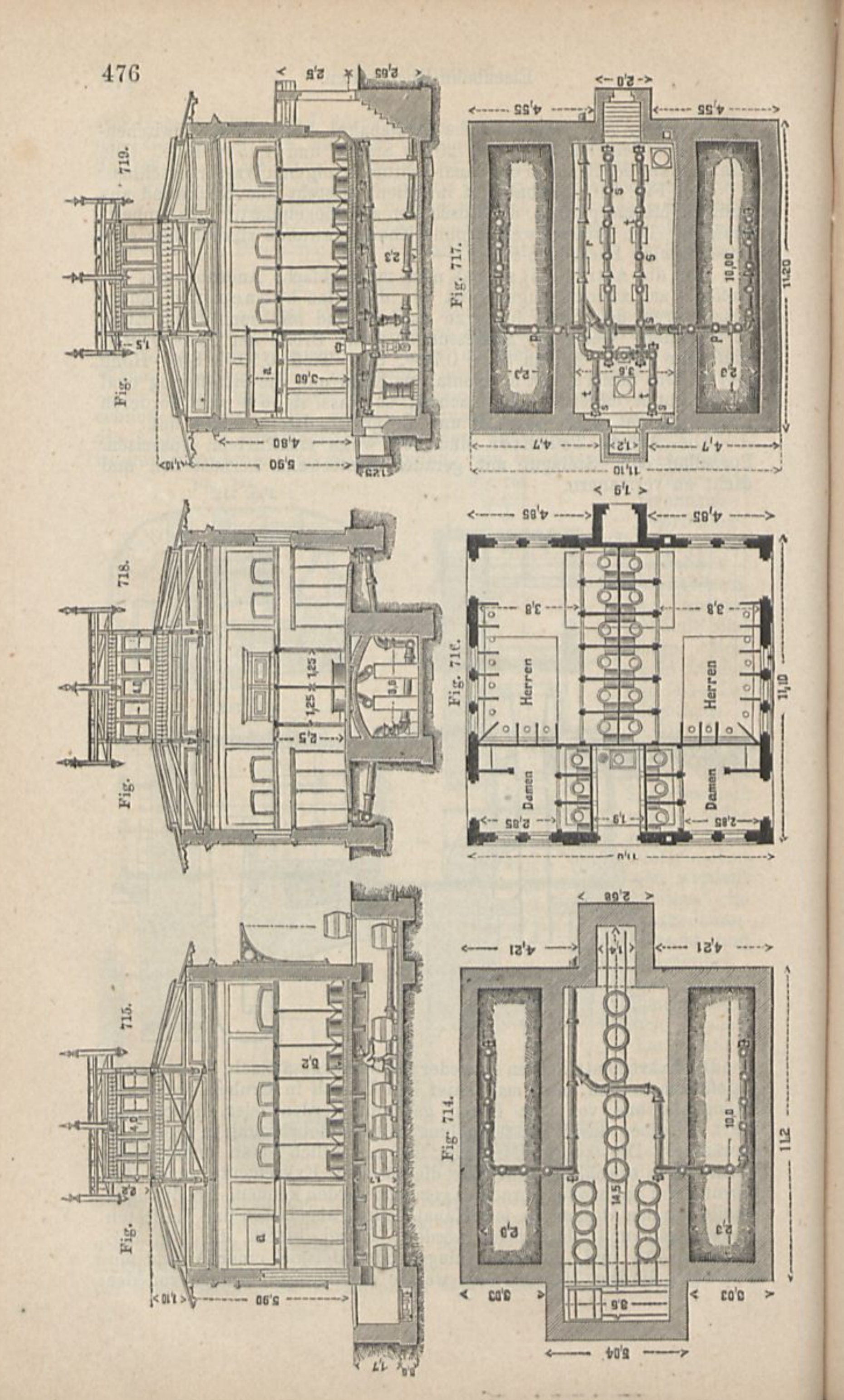


Fig. 719.

Fig. 718.

Fig. 715.

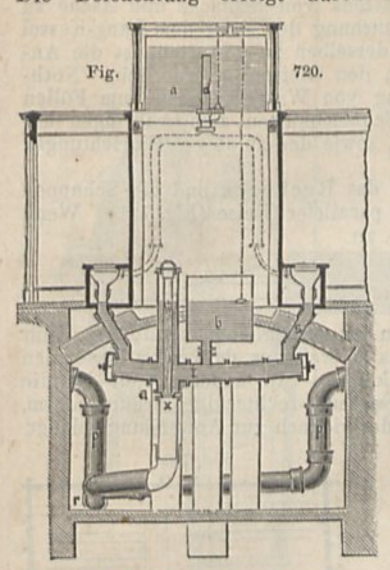
Fig. 717.

Fig. 716.

Fig. 714.

preuss. Ostbahn darstellt. Für das Ab- und Zuführen der Tonnen ist auf dem einen Giebelende des Gebäudes eine Aufzugs-Vorrichtung, auf dem andern ein kurzes Gleisstück mit Wagen angebracht.

Als Beispiel einer Anlage mit Abführung der Exkremente durch Spülung sei das ebenfalls von der preuss. Ostbahn entlehnte Normal-Projekt Fig. 716 bis 720 hier angeführt. Der i. L. 10,20^{m} lange und 10,10^{m} tiefe Raum ist durch 2,5^{m} hohe Holzwände in 5 Abtheilungen zerlegt, von denen die kleinere für die Bedienung der Spülvorrichtung, die übrigen zu Klosets und Pissoirs eingerichtet sind. Die Beleuchtung erfolgt durch reichlich angeordnetes Oberlicht; ausserdem sind Fenster in den Umfassungsmauern und den Seitenwänden der Laterne angebracht; die letzteren sind zur Erzielung der erforderlichen Ventilation theilweise mit Jalousie-Verschlüssen versehen. Die massiven Wände sind im Inneren glatt geputzt und mit Leimfarbe gestrichen, die Holztheile haben einen passenden Oelfarben-Anstrich. Die Kloset-Sitze sind von Eichen- oder Mahagoni-Holz hergestellt. Der Fussboden besteht aus einer Ziegel-Flachschicht mit einer 13^{mm} starken Asphalt-Abdeckung.


Fig. 720.

Die Spülvorrichtung ist derartig angeordnet, dass der Unrath aus den Klosets zunächst in ein unter den Sitzen befindliches Röhrensystem geht, sich dort ansammelt und in angemessenen Zeitabschnitten in das ausserhalb des Gebäudes liegende Abflussrohr und die darin eingeschalteten luftdicht abgeschlossenen Senkgruben abgelassen wird. Das Detail dieser in Fig. 720 dargestellten Anordnung ist folgendes: Das oberhalb der für Damen bestimmten Abtheilung aufgestellte Wasserreservoir *a* wird direkt von der Wasserstation gespeist; ein Ueberfallrohr *d* führt das Wasser den Klosets und Pissoirständen kontinuirlich zu. Am Boden des Reservoirs ist das Rohr *d* mit einem Ventil versehen, welches durch Hebelvorrichtung und Schwimmkugel mit einem kleineren Behälter *b* derart in Verbindung steht, dass das Bodenventil sich öffnet oder schliesst, je nach dem der Wasserstand im Behälter *b* ab- oder zunimmt. Der Behälter *b* kommunizirt mit den Klosets durch die Sammelröhren *t*, so dass der Wasserstand in den Klosets und jenem Behälter in gleicher Höhe steht. Dieser Wasserstand wird durch kleine Löcher in dem Einsatzrohr des Abfluss-Ventils regulirt.

Die zeitweise Entleerung der Sammelröhren *t* erfolgt durch das Abschluss-Ventil *x*, indem das zu diesem Behuf mit einem Handgriff versehene Einsatzrohr gehoben wird. In Folge dessen fliesst das in den Röhren *s* und *t* gesammelte Wasser nebst dem Unrath durch das Rohr *r* ab, während sich gleichzeitig das Bodenventil *f* öffnet und eine kräftige Spülung der Klosets so lange unterhält, bis das Einsatzrohr des Ventils *x* wieder eingesetzt ist und in den Röhren der normale Wasserstand sich hergestellt hat.

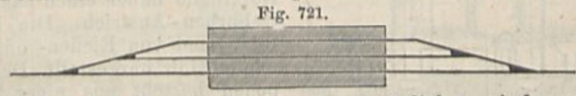
Zur Verhütung des Einfrierens der Spülvorrichtung dienen 2 im Keller aufgestellte Oefen (Fig. 719), von denen der eine zugleich mit dem Reservoir *a* durch kommunizirende Röhren in Verbindung gebracht ist und so zur Erwärmung des Spülwassers benutzt werden kann. —

4. Lokomotivschuppen.

Die Lokomotivschuppen sind so anzulegen, dass man leicht und ohne zuvor andere Maschinen verschieben zu müssen, ein- und ausfahren kann. Der Innenraum der Schuppen muss hell sein und sich im Winter genügend heizen lassen; ferner muss für schleunige Beseitigung von Dampf und Rauch Sorge getragen werden. Um die Reinigung des Rostes und Aschkastens von Schlacke und Asche zu ermöglichen, so wie um die Untersuchung der unter dem Lang-Kessel der Lokomotive liegenden Theile derselben zu gestatten, ist die Anbringung von Reinigungsgruben in den Gleisen erforderlich. Nothwendig ist ferner die Anbringung von Wasserkrähnen zum Füllen der Tender und von Hahn- und Schlauchkästen zum Anbringen der Füllschläuche für die Lokomotiven, sowie der zu obigen Einrichtungen nöthigen Wasserleitungen. —

Die einfachste Grundform ist das **Rechteck** und die Schuppen dieser Form erhalten eine Anzahl paralleler Gleise (Fig. 721). Wenn

Fig. 721.



Ausfahrten nach beiden Seiten hin zu ermöglichen sind, so dehnt man wohl die Länge des Schuppens so weit aus, dass **vier** Maschinen hinter einander gestellt werden können. In neuerer Zeit ist die eine Zeit lang zurück gesetzt gewesene rechteckige Schuppenform, der billigen Anordnung wegen, wieder vielfach zur Anwendung gelangt.

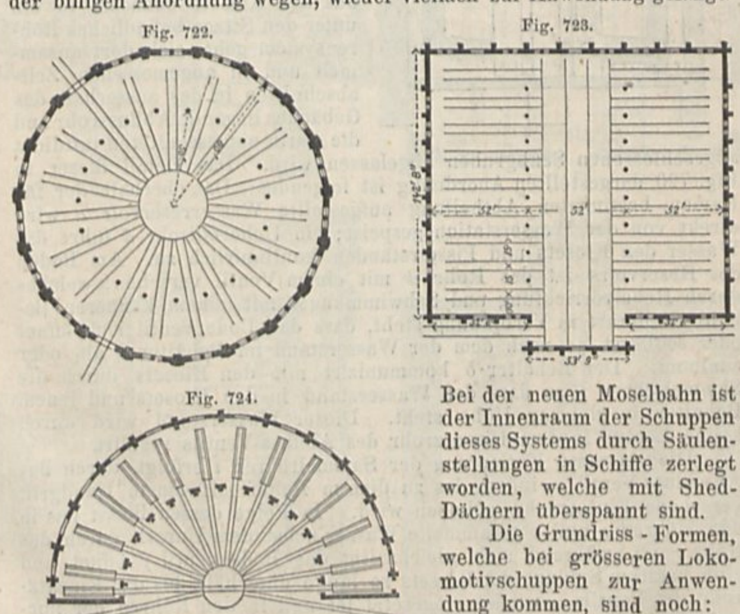


Fig. 722. Fig. 723. Fig. 724.

Bei der neuen Moselbahn ist der Innenraum der Schuppen dieses Systems durch Säulenstellungen in Schiffe zerlegt worden, welche mit Shed-Dächern überspannt sind.

Die Grundriss-Formen, welche bei grösseren Lokomotivschuppen zur Anwendung kommen, sind noch:

1. Das geschlossene und vollständig überdachte **Polygon** mit einer im Mittelpunkt liegenden Drehscheibe;
2. Ein **Ringstück** mit einer im Mittelpunkt gelegenen, nicht überdeckten Drehscheibe; oder:
3. Ein **Rechteck** mit frei liegender Schiebebühne an der Langseite, oder

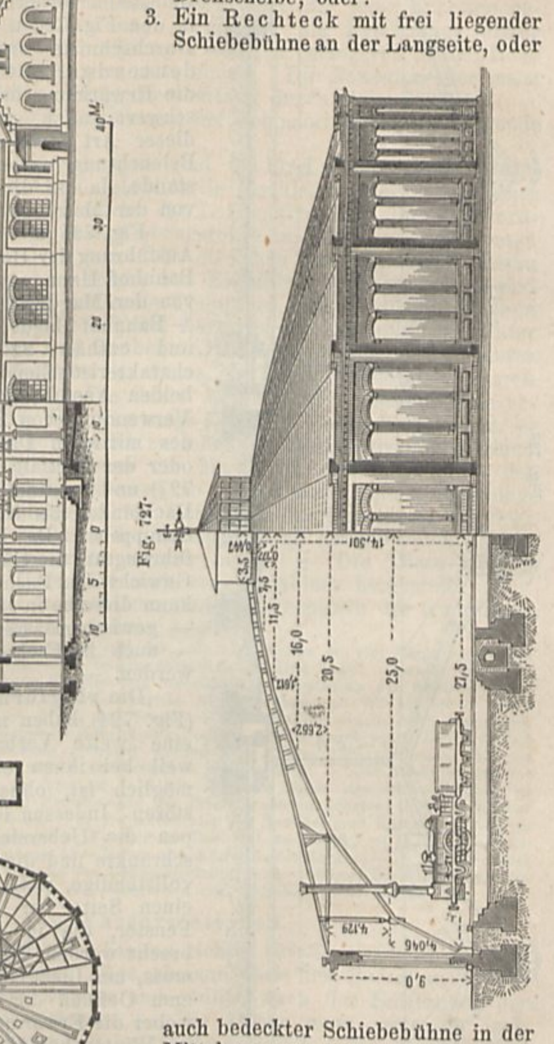


Fig. 726.

Fig. 727.

Fig. 725.

auch bedeckter Schiebebühne in der Mittelaxe.

Der Durchmesser der **polygonalen Schuppen** (Fig. 722 u. 725) beträgt etwa 50 m oder etwas darüber, und die grösste Zahl von Ständen, welche untergebracht werden kann, geht im allgemeinen nicht über 20 hinaus, wobei **ein** Stand beständig für die Ein- und Ausfahrt frei gehalten werden muss.

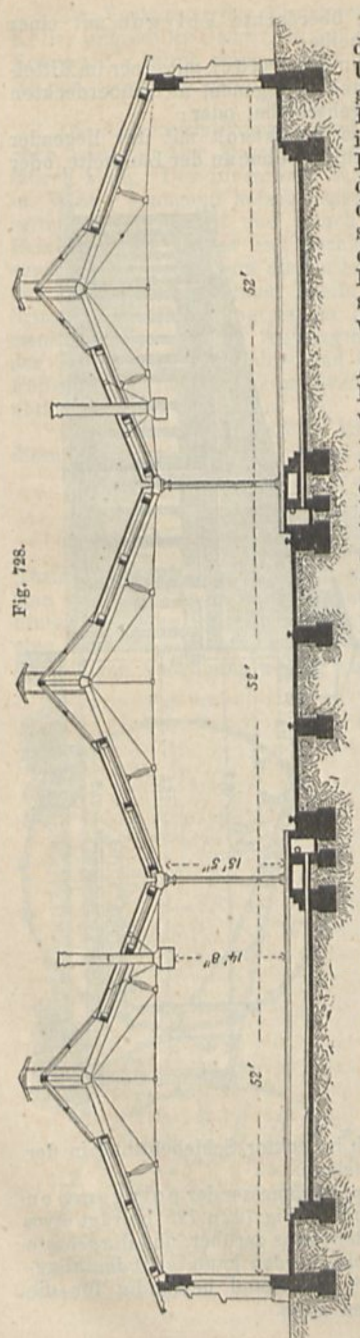


Fig. 728.

Die Schuppen dieser Form haben den Vortheil der grösstmöglichen Uebersicht und den weiteren der geschützten Lage der Drehscheibe Indessen erfordern dieselben, wie die in den Fig. 726 u. 727 dargestellten Durchschnitte ergeben, eine bedeutende lichte Höhe, welche die Erwärmung im Winter sehr erschwert; auch gewähren Schuppen dieser Art nicht ganz ausreichende Beleuchtung, namentlich am Führerstande, da das direkte Licht zu weit von der Maschine entfernt ist. —

Fig. 725 u. 726 gehören einer Ausführung der Hann. Staatsbahn auf Bahnhof Hannover an. Fig. 727 ist von der Magdeb.-Halberstädter Bahn — Bahnhof Magdeburg — entnommen und enthält 22 Stände. Einen charakteristischen Unterschied in den beiden Ausführungsarten bietet die Verwendung von Säulen zur Stütze des mittleren Dachtheils (Fig. 726) oder der Fortfall dieser Säulen (Fig. 727) und kontinuirliche Führung der Dachbinder bis hinab zum Flur des Schuppens. Da bei letzterer Ausführungsart die Umfassungswand vom Gewicht des Daches entlastet ist, so kann dieselbe in sehr geringer Stärke — gewissermaassen als blosse Blende — auch in Fachwerkbau hergestellt werden. —

Die ringförmigen Schuppen (Fig. 724) haben namentlich deshalb eine weite Verbreitung gefunden, weil bei ihnen eine Vergrösserung möglich ist, ohne den Betrieb zu stören. Indessen ist in diesen Schuppen die Uebersicht nur eine beschränkte und die Beleuchtung keine vollständige, weil das Licht von der einen Seite her nur durch kleine Fenster, die in den Thoren angebracht werden, Einlass findet. Man muss, um Licht zu gewinnen, häufig zum Oeffnen der Thore übergehen, wobei die Erwärmung des Schuppens im Winter behindert ist. — Um die Grundfläche dieser Schuppen zu vermindern, sind die Pfeiler zwischen den Thoren möglichst schmal herzustellen; in einzelnen Fällen hat man dieselben zu diesem Zweck in Gusseisen konstruirt. —

Die Schuppen mit *rechteckiger Grundform*, Fig. 723 u. 728, (die Dächer können dabei auch in Shedform gestaltet werden) haben gegenüber den vorbezeichneten Schuppen immerhin gewisse Vorzüge der Zweckmässigkeit und Billigkeit. Die Beleuchtung erfolgt durch Oberlicht und ist so reichlich, dass selbst für feine Arbeiten genügendes Licht vorhanden ist; ebenso ist die Erwärmung dieser Schuppen, der wenigen Thoröffnungen und der geringeren lichten Höhe wegen, möglichst vollkommen zu erreichen. Die Bewegung der meist nöthigen Schiebebühne erfolgt zweckmässig durch Dampfkraft. —

Allgemein sind bei Einrichtung der Lokomotiv-Schuppen folgende Anordnungen zu treffen:

Zur Lüftung der Schuppen sind im First Dunst-Abzüge anzubringen, deren Seitenwände jalousieartig geschlossen werden. — Ueber denjenigen Punkten, auf welche die Lokomotiven mit ihren Schornsteinen treffen, legt man Dampf-Abzugsrohre an, welche sich nach unten trichterförmig erweitern; man stellt dieselben von Kupfer, Gusseisen oder glasirtem Thon her; solche aus Eisenblech geringer Stärke sind nicht dauerhaft genug, auch die Thonrohre sind bei der ungleichen Erwärmung leicht der Gefahr des Zerspringens ausgesetzt. — Unter den Maschinenständen sind Gruben anzubringen, welche zum Ablassen des Wassers, zum Reinigen der Roste, sowie zur Revision der unteren Maschinentheile dienen. Die Sohle dieser Gruben muss Gefälle erhalten und mit einem Entwässerungs-Kanal in Verbindung stehen. — Früher ordnete man gewöhnlich zwischen je 2 Lokomotivständen einen Wasserkrahn an; da indessen die Maschinen auch ausserhalb des Schuppens Wasser nehmen können, so genügt meist eine Rohrleitung, an welche Schlauchschrauben zur Reinigung der Maschinen angelegt werden. — Für die Heizung der Schuppen sind eiserne Oefen üblich, andere Systeme jedoch nicht ausgeschlossen. — Die Thore werden als Klappthore von Holz oder auch von Eisenblech hergestellt.

Die Techn. Vereinb. enthalten übrigens bezüglich der Anordnung der Lokomotiv-Schuppen folgende Angaben:

§ 91. Im Lokomotivschuppen soll für jede Lokomotive so viel Raum vorhanden sein, dass man bequem an allen Seiten derselben arbeiten kann. Grosse, bis nahe an den Fussboden reichende Fenster sind zweckmässig. Zwischen den Schienen sind durch unterirdische Kanäle zu entwässernde Arbeitsgruben von 700 bis 850 ^{mm} Tiefe mit Stufen erforderlich. — § 92. Im Schuppen soll eine mit einem hoch gelegenen Wasserbehälter kommunizirende Rohrleitung liegen, welche durch einen Schlauch mit jeder Maschine in Verbindung gebracht werden kann. Auch Wasserkrahne sind im Innern des Gebäudes oder aussen an demselben zweckmässig. — Der Schuppen ist mit Einrichtung zum Heizen zu versehen. — § 93. Hölzerne Theile des Dachverbandes im Schuppen sollen über dem Standpunkte der Schornsteine mindestens 5,8 ^{m} hoch über den Schienen liegen. — § 94. Für die Abführung des Rauches und Dampfes ist durch Röhren, Klappen oder bewegliche Fenster im Dachfirst zu sorgen. — § 95. Die Ausfahrtsthore sollen mindestens 4,8 ^{m} Höhe und 3,35 ^{m} Breite haben. — § 96. Mit dem Lokomotivschuppen sind Räume für Lokomotivführer und sonstiges Dienstpersonal, sowie Räume zur Aufbewahrung von Materialien und Geräthen zu verbinden. —

5. Wasserstationen.

Der Wasserbedarf einer Station richtet sich in erster Reihe nach der Zahl der verkehrenden Züge, alsdann nach dem Bedarf an Wasser für etwaige besondere Zwecke und endlich nach der Entfernung der benachbarten Wasserstationen. — Die Anlage muss, mag die Speisung durch eine Leitung mit natürlichem Gefälle oder durch Pumpwerke geschehen, *den gesammten Bedarf eines Tages mindestens in 12 Stunden schaffen können*. Es ist dies schon deshalb erforderlich, weil der Verbrauch an Wasser nicht zu allen Tageszeiten derselbe ist. Grosse Wasser-Reservoire und kräftige Pumpen vergrössern zwar die Kosten der ersten Anlage, heben dagegen die Sicherheit des Betriebes und verringern die Unterhaltungskosten.

Die gebräuchlichste Art der Anlage ist die, bei welcher das Wasser durch eine Druckrohr-Leitung *S* (Fig. 729) in das Reservoir *R* gelangt und durch die Fallrohr-Leitung *F* den verschiedenen Bedarfsstellen zugeführt wird. Durch einen mit Faden, Rollen und Zeiger ausgestatteten Schwimmer wird der Wasserstand auf einer Skala unten im Gebäude erkennbar gemacht. *U* ist ein Ueberlaufrohr, welches zuviel gepumptes Wasser aus dem Gebäude in's Freie leitet.

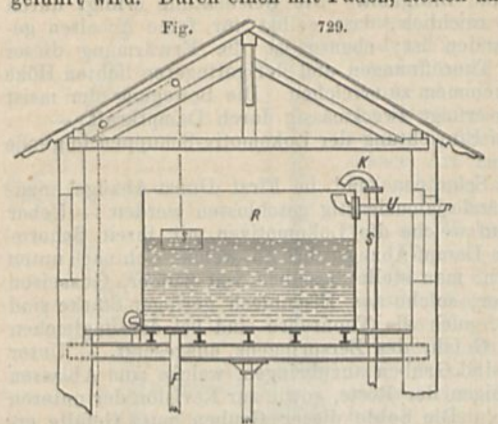


Fig. 729.

Als Beispiel für ausgeführte neuere Anlagen dieser Art wird die Wasserstation auf Bahnhof Danzig (Lege Thor) angeführt. (Fig. 730, 731). Die ganze Anlage ist in Fachwerk gehalten. Ein 8 eckiger Thurmbau von 4,50^{m} innerem Durchmesser trägt das schmiedeiserne Reservoir, welches 3,5^{m} hoch ist und dessen unterer Rand 7,5^{m} über S.-O. liegt. Da es von Vortheil ist, dem Lokomotiv-Kessel erwärmtes Wasser zuzuführen, so ist, wie in vielen Fällen, auch hier die Anlage eines Vorwärmers vorgesehen, der mit dem Reservoir durch doppelte Verbindungsrohre kommunizirt. Ein mit dem Wasserthurm in Verbindung gebrachtes Gebäude enthält ein Zimmer für den Ober-Lokomotivführer, einen Raum für das Fahrpersonal und einen Geräthe-Raum.

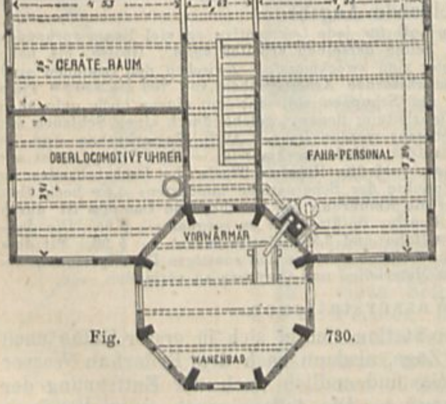
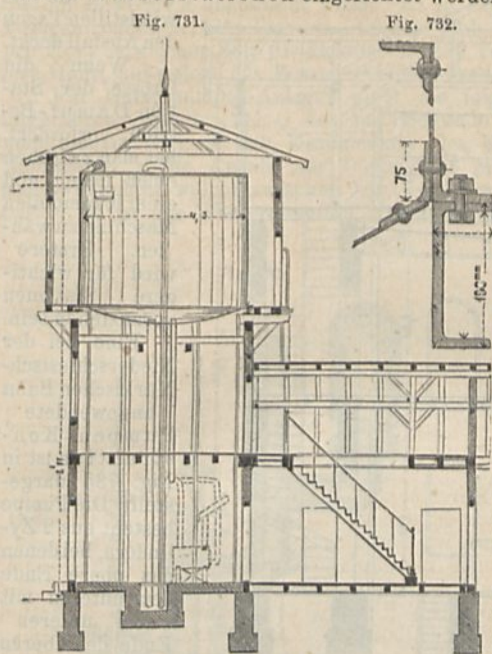


Fig. 730.

Fig. 732 giebt die Details der passenden Auflagerungsweise eines Reservoirs mit hohlem Boden. —

Bezüglich der Anordnung der W.-Stationen und W.-Krahne für die Neubaustrecken der Berlin-Wetzlarer und der Moselbahn (welchen die Anlage Fig. 733 u. 734 entspricht) sind folgende Grundsätze aufgestellt worden: Die W.-Stationen kleinster Ordnung werden mit 2 Bottichen à 27^{cbm} ausgestattet, die behufs Raumersparniss in rechteckiger Grundform aus Gusseisen hergestellt werden. Die nächst grösseren Wasserstationen (2. Klasse), für solche Zwischen-Bahnhöfe bestimmt, auf denen sämmtliche Züge Wasser nehmen, erhalten 2 rechteckige Bottiche mit je 33^{cbm} Inhalt. Endlich erhalten die Wasserstationen 1. Kl., für Hauptstationen mit allgemeinem Maschinenwechsel, 4 Bottiche à 33^{cbm}. Die sämmtlichen Stationen werden mit Dampfpumpen ausgerüstet. Zu einer etwa noth-

wendig werdenden Aushülfe sollen an geeigneten Punkten übrigens noch Hülfs-Wasserstationen eingerichtet werden, welche nur 2 Bottiche


Fig. 731. Fig. 732.

von je 14 cbm und Handpumpen-Betrieb erhalten; diese Hülfs-Stationen sollen jedoch nur für den Fall in Wirksamkeit treten, dass eine der Haupt-Wasserstationen wegen Reparatur ausser Betrieb gesetzt werden muss. — Die Unterkante der Bottiche wird mindest. 7,5 m über S.-O. gelegt und die Wasserstation thunlichst in der Mitte zwischen den am weitesten von einander entfernten Wasserkrahnen angeordnet.

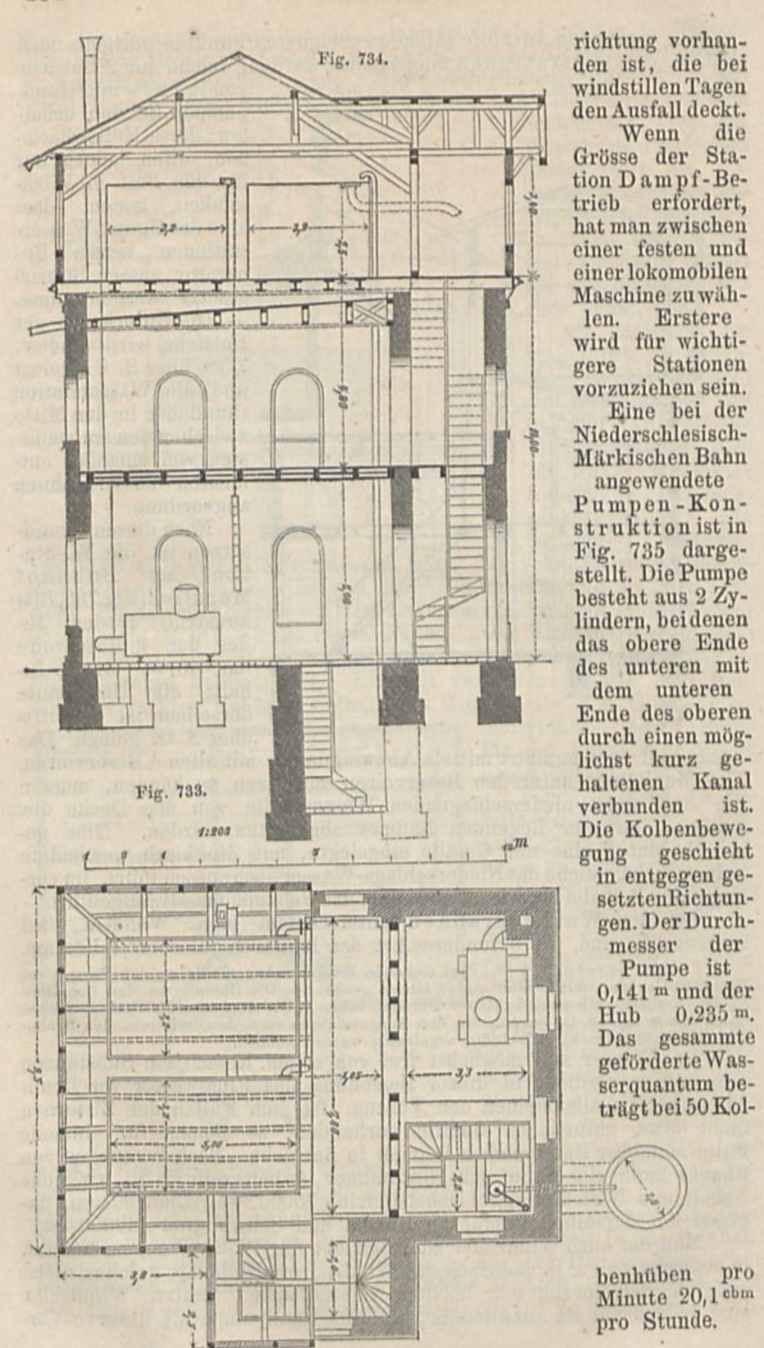
Nach diesen Grundsätzen ist die W.-Station auf Bahnhof Merzlich (Fig. 733, 734) konstruirt worden. Jedes der 4 Reservoire hat 40 cbm Brutto-Inhalt; die Unterkante derselben ist auf 10 m über S.-O. gelegt. Das Steigerohr kommunizirt mittels Abzweigungen mit allen 4 Reservoiren. Um die Räume unter den Reservoiren ausnutzen zu können, müssen die sich stark niederschlagenden Wassertheile von der Decke des zunächst darunter liegenden Raumes abgehalten werden. Dies geschieht durch eine mit Gefälle eingelegte, mit Zinkblech verkleidete Schutzdecke, welche das Niederschlags-Wasser nach aussen führt. Im vorliegenden Beispiel ist, wie meist üblich, das Gebäude massiv aufgeführt.—

Bei den Wasserkrahnen unterscheidet man: Wand-K., frei stehende K. und, als besondere Art der letzteren, Reservoir-Krahne.

Techn. Vereinb. § 88. Frei stehende Wasserkrahne verdienen den Vorzug vor Krahn-Auslegern, welche über mehre Gleise gehen. — Die Röhren von den Behältern zu den Krahnen sollen mind. 150 mm Durchm. haben. — Die Ausgüsse der Krahne müssen mind. 2,85 m über S.-O. liegen. An den Ausgussröhren resp. den frei stehenden Krahnsäulen soll das Wasser vollständig abgelassen werden können.

Das Wasser soll möglichst frei von sogen. Kesselstein-Substanzen sein und es verdient in dieser Beziehung das Flusswasser vor Brunnenwasser im allgemeinen den Vorzug. Ist zum Füllen der Zisternen nicht etwa natürliches Gefälle vorhanden, so kommt für einfache Fälle zunächst Handpumpen-Betrieb in Betracht. Nach Versuchen von Chavés kann ein Mann bei 10 stündiger Arbeitszeit (5 St. wirkliche Arbeit und 5 St. Ruhe) bei Hebel-Betrieb 75000 mkg Arbeit leisten, dagegen mit derselben Pumpe an Kurbel und Schwungrad 142000 mkg.

Man hat auch Windräder zum Betriebe der W.-St.-Pumpen benutzt, in neuester Zeit z. B. mehrfach das Windrad von Halladay, welches, nebst anderen, den Vorzug sehr leichter Aufstellbarkeit besitzt. Windräder sind jedoch nur da anzuwenden, wo eine Handpumpe als Reserve-Vor-



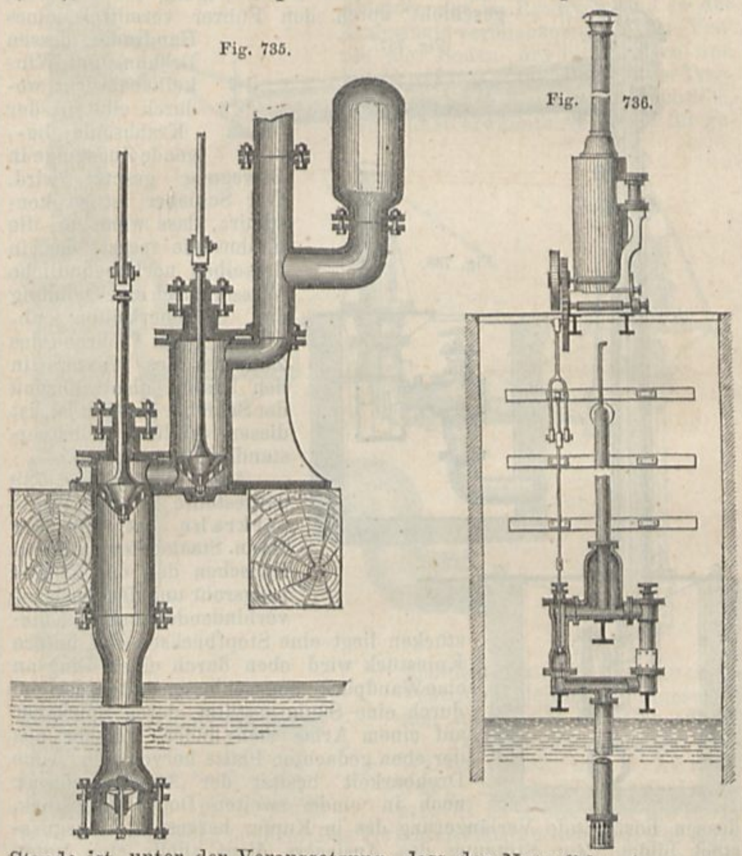
richtung vorhanden ist, die bei windstillen Tagen den Ausfall deckt.

Wenn die Grösse der Station Dampf-Betrieb erfordert, hat man zwischen einer festen und einer lokomobilen Maschine zu wählen. Erstere wird für wichtigere Stationen vorzuziehen sein.

Eine bei der Niederschlesisch-Märkischen Bahn angewendete Pumpen-Konstruktion ist in Fig. 735 dargestellt. Die Pumpe besteht aus 2 Zylindern, bei denen das obere Ende des unteren mit dem unteren Ende des oberen durch einen möglichst kurz gehaltenen Kanal verbunden ist. Die Kolbenbewegung geschieht in entgegen gesetzten Richtungen. Der Durchmesser der Pumpe ist $0{,}141^{m}$ und der Hub $0{,}235^{m}$. Das gesammte geförderte Wasserquantum beträgt bei 50 Kolbenhüben pro Minute $20{,}1^{cbm}$ pro Stunde.

Eine Lokomobile zum Heben des Wassers, wie sie beispielsw. auf Station Eisleben angewandt wurde, ist in Fig. 736 dargestellt. Die Pumpen haben $0{,}157^m$ Durchm., $0{,}392^m$ Hub und machen 16 Hübe pro Min., in welcher Zeit die Lokomobile 120 Touren macht. Die mittlere Höhe, auf welche das Wasser gehoben werden muss, beträgt $31{,}4^m$.

Für Dampfpumpen-Anlagen giebt die folgende Rechnung einen ungefähren Anhalt: Sei Q das pro Sekunde zu liefernde Wasserquantum (in ^{cbm}); d der Durchmesser des Kolbens (in ^{m}), h der Kolbenhub, n die Anzahl der Doppelhübe pro Min., v die Kolbengeschwindigkeit, welche zwischen $0{,}157$—$0{,}471^m$ schwanken darf (i. M. $0{,}30^m$), so ist das Wasserquantum, welches eine Pumpe zu liefern im


Fig. 735. Fig. 736.

Stande ist, unter der Voraussetzung, dass der Nutzeffekt einer guten Pumpe 0,85 ist, im Mittel für:

einfach wirkende Pumpen:

$$Q = 0{,}85 \frac{n}{60} \frac{d^2 \pi}{4} h;$$

doppelt wirkende Pumpen:

$$Q = 0{,}85 \frac{n}{60} \frac{d^2 \pi}{2} h.$$

Den Durchmesser der Saug- und Druckröhren macht man etwa gleich $^2/_3$ des Kolben-Durchmessers und bei Ventilen den freien Querschnitt möglichst eben so gross wie den Röhren-Querschnitt.

Als ein Beispiel für die Konstruktion frei stehender Wasser-Krahne sei der auf der Hann. Staatsbahn angewandte Wasserkrahn, Fig. 737 u. 738, angeführt. Derselbe besteht aus einer gusseisernen Säule, welche an ihrem oberen Ende ein ringförmiges Gefäss so aufnimmt, dass die innere Wand desselben am oberen Rande von der Säule umfasst wird und das in die Säule eintretende Wasser in den zwischen Säulenwand und Kopf befindlichen Raum nicht gelangen kann; der Kopf nimmt an der einen Seite das Ausgussrohr auf. Die Fundamentplatte trägt den Schieberkasten mit dem Schieber; neben demselben liegt ein Ventil, welches durch ein kleines Handrad bewegt wird. Die Bewegung des Schiebers geschieht durch den Führer vermittels eines Handrades, dessen Drehung auf Winkelhebel wirkt, wodurch eine in der Krahnsäule liegende Zugstange in Bewegung gesetzt wird. Der Schieber ist so konstruirt, dass wenn er die Krahnsäule sperrt, das in derselben noch befindliche Wasser durch eine Oeffnung am Schieberkasten abfliessen kann. Während des Zuflusses des Wassers in den Krahn, also während der Schieber geöffnet ist, ist dieser Abfluss selbstverständlich geschlossen. —

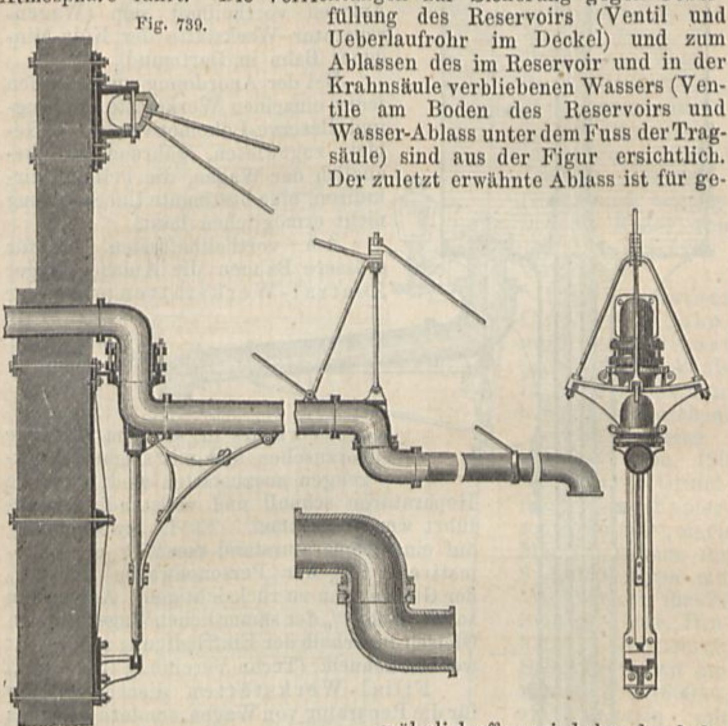
Fig. 737.

Fig. 738.

Auch der in Fig. 739 dargestellte Wand-Wasserkrahn ist von der Hann. Staatsbahn entlehnt. Zwischen den das Zuführungsrohr und den Ausleger verbindenden beiden Kniestücken liegt eine Stopfbüchse. Das untere Kniestück wird oben durch einen Ring an eine Wandplatte angeschlossen und ausserdem durch eine Säule gestützt, deren Spurlager auf einem Arme sich findet, welcher aus der eben gedachten Platte hervor geht. Eine Drehbarkeit besitzt der Ausleger ferner noch in einem zweiten Doppel-Kniestück, dessen horizontale Verlängerung das in Kupfer hergestellte Ausgussstück bildet. Zur Stützung des Auslegers dient theils eine unten liegende konsolartige Stab-Verbindung, theils ein Stangen-System, welches an den höher liegenden Theil der Gebäudewand angeschlossen ist. — Da die Zuführung des Wassers direkt vom hoch liegenden Reservoir aus erfolgt, so kann dem Zuleitungsrohr ohne wesentliche Kosten ein relativ grosser Durchmesser gegeben werden. Es liegt hierin ein allgemeiner Vortheil der Konstruktion, die ausserdem den Vorzug der möglichsten Vereinfachung der Ventil-Konstruktionen mit ihren Stellvorrichtungen bietet. —

Ein Reservoir-Krahn von der französischen Ostbahn ist in Fig. 740 dargestellt. Die tragende Säule, welche an ihrer Basis das Leitungsrohr für den Zufluss des Wassers aufnimmt, hat zur Sicherung des Wassers gegen Gefrieren im Winter, wie überhaupt zum Vorwärmen des Speiserohrs, am unteren Ende einen kleinen Ofenraum, von dem aus die Gase durch einige engere Rohre hoch geführt werden, bis sie in der Höhe des Reservoir-Bodens sich zu einem einzigen Rauchrohr von grösserem Durchmesser vereinen, das in die freie Atmosphäre führt. Die Vorrichtungen zur Sicherung gegen Ueberfüllung des Reservoirs (Ventil und Ueberlaufrohr im Deckel) und zum Ablassen des im Reservoir und in der Krahnsäule verbliebenen Wassers (Ventile am Boden des Reservoirs und Wasser-Ablass unter dem Fuss der Tragsäule) sind aus der Figur ersichtlich. Der zuletzt erwähnte Ablass ist für gewöhnlich offen, wird aber durch das Ventil des Zuleitungsrohrs geschlossen, sobald sich dasselbe öffnet.

Fig. 739.



Von den Vorrichtungen zum Wassernehmen ohne Anwendung mechanischer Hülfsmittel ist schliesslich die Ramsbottom'sche hier zu nennen. Das Verfahren Ramsbottom's besteht darin, dass während der Fahrt ein Rohr vom Tender herab gelassen wird, welches in eine zwischen den Schienen befindliche, lang ausgedehnte, mit Wasser gefüllte Rinne hinein reicht, wobei vermöge der Geschwindigkeit des Zuges das Wasser in dem ansteigenden Rohr, dessen Neigung mit der Fahrrichtung geht, hinauf gedrückt wird und in den Tender fällt. Das Mittel ist namentlich auf einigen grossen englischen Bahnen, die besonders rasch laufende Schnellzüge führen, in Anwendung. —

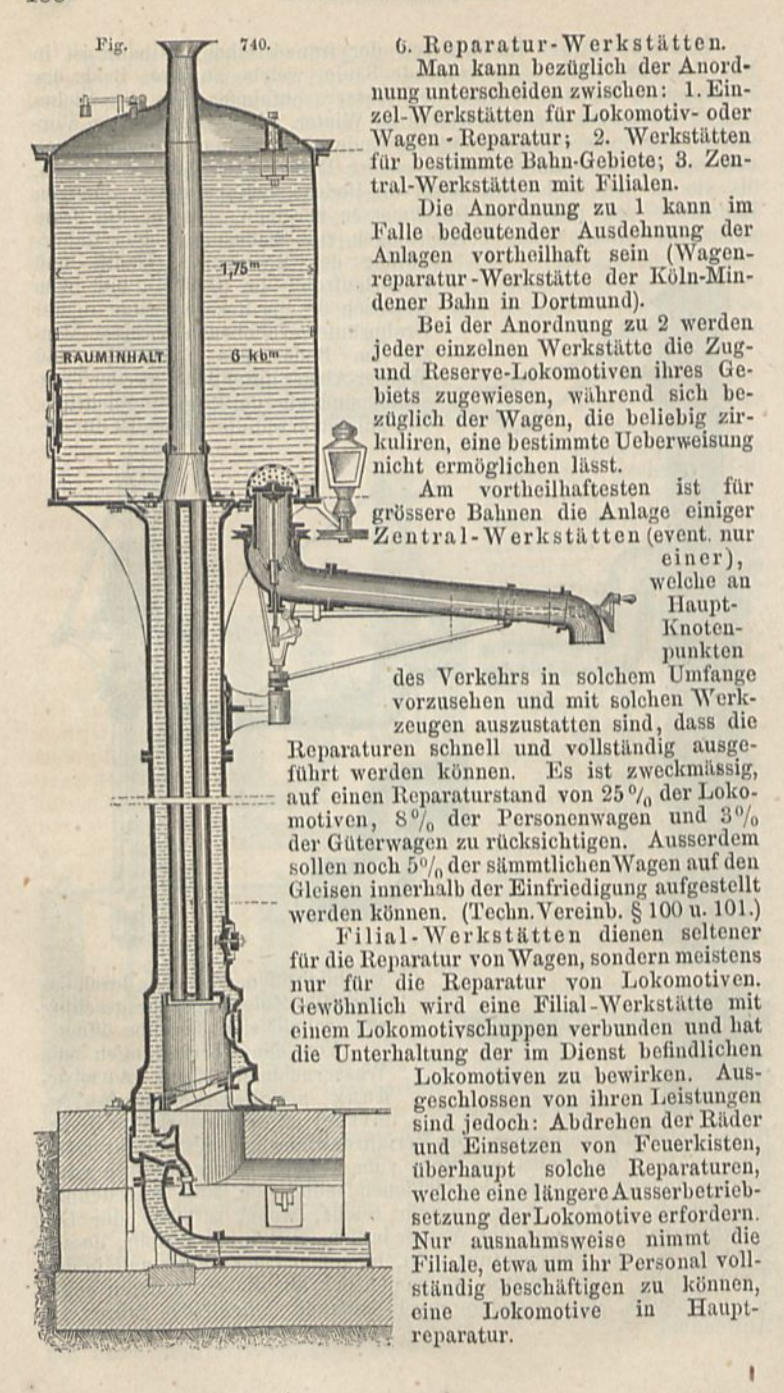


Fig. 740.

6. Reparatur-Werkstätten.

Man kann bezüglich der Anordnung unterscheiden zwischen: 1. Einzel-Werkstätten für Lokomotiv- oder Wagen-Reparatur; 2. Werkstätten für bestimmte Bahn-Gebiete; 3. Zentral-Werkstätten mit Filialen.

Die Anordnung zu 1 kann im Falle bedeutender Ausdehnung der Anlagen vortheilhaft sein (Wagenreparatur-Werkstätte der Köln-Mindener Bahn in Dortmund).

Bei der Anordnung zu 2 werden jeder einzelnen Werkstätte die Zug- und Reserve-Lokomotiven ihres Gebiets zugewiesen, während sich bezüglich der Wagen, die beliebig zirkuliren, eine bestimmte Ueberweisung nicht ermöglichen lässt.

Am vortheilhaftesten ist für grössere Bahnen die Anlage einiger Zentral-Werkstätten (event. nur einer), welche an Haupt-Knotenpunkten des Verkehrs in solchem Umfange vorzusehen und mit solchen Werkzeugen auszustatten sind, dass die Reparaturen schnell und vollständig ausgeführt werden können. Es ist zweckmässig, auf einen Reparaturstand von 25 % der Lokomotiven, 8 % der Personenwagen und 3 % der Güterwagen zu rücksichtigen. Ausserdem sollen noch 5 % der sämmtlichen Wagen auf den Gleisen innerhalb der Einfriedigung aufgestellt werden können. (Techn. Vereinb. § 100 u. 101.)

Filial-Werkstätten dienen seltener für die Reparatur von Wagen, sondern meistens nur für die Reparatur von Lokomotiven. Gewöhnlich wird eine Filial-Werkstätte mit einem Lokomotivschuppen verbunden und hat die Unterhaltung der im Dienst befindlichen Lokomotiven zu bewirken. Ausgeschlossen von ihren Leistungen sind jedoch: Abdrehen der Räder und Einsetzen von Feuerkisten, überhaupt solche Reparaturen, welche eine längere Ausserbetriebsetzung der Lokomotive erfordern. Nur ausnahmsweise nimmt die Filiale, etwa um ihr Personal vollständig beschäftigen zu können, eine Lokomotive in Hauptreparatur.

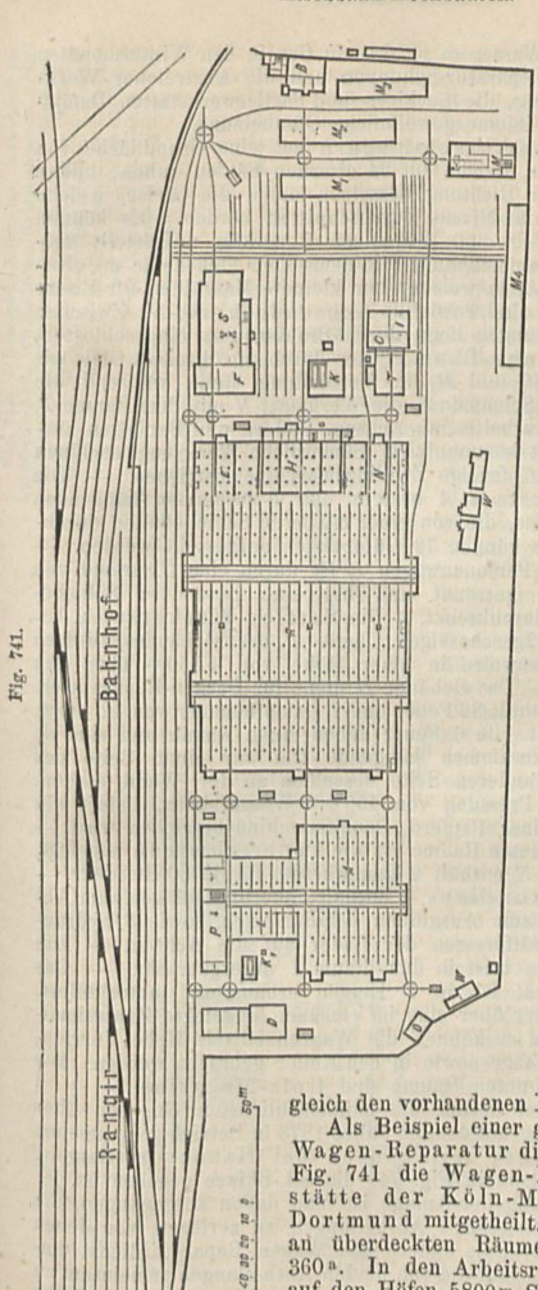


Fig. 741.

Für eine solche Werkstätte genügt ein Hauptraum und eine besondere kleine Schmiede; in ersterem ist erforderlich: der Gleisraum zum Aufstellen von 2 Lokomotiven mit Tendern und neben denselben Platz für Werkbänke. Ausserdem sind ein kleines Magazin u. ein Werkführer-Zimmer erforderlich; auch sind einige Reserve-Gleise und womöglich ein Krahn von 3000^{kg} Tragkraft vorzusehen.

Eine Werkstatt für 15 bis 20 Lokomotiven in Dienst (wobei 3 Stück als in Hauptreparatur befindlich anzusehen) erfordert: eine Schmiede von 120 bis 180^{qm} Grundfläche, eine Kupferschmiede, 30^{qm}, einen Montirungsraum für 8 Lokomotiven mit Werkbänken für 24 Schraubstöcke, Dreherei, Schlosserei, Schreinerei mit zusammen $500-600^{qm}$, ein Magazin mit 300^{qm} Grundfläche; ausserdem eine Betriebsmaschine für 15—20 Pfkr., mit einem Kessel, der zugleich den vorhandenen Dampfhammer speist.

Als Beispiel einer grossen, lediglich der Wagen-Reparatur dienenden Anlage ist in Fig. 741 die Wagen-Reparatur-Werkstätte der Köln-Mindener Bahn zu Dortmund mitgetheilt. Die Anlage umfasst an überdeckten Räumen eine Fläche von 360^{a}. In den Arbeitsräumen liegen 3580^{m}, auf den Höfen 5800^{m} Schienen. Die Werkstätten werden mit Wasser und Gas aus städtischen Anlagen versorgt und es beträgt der

tägliche Konsum an Wasser ca. 65 cbm, an Gas in den Wintermonaten ca. 340 cbm. — Der Reparatur-Schuppen und die Anstreicher-Werkstatt haben Luftheizung, die Lackirer- und Sattlerwerkstätten Dampfheizung, alle übrigen Räume gewöhnliche Ofenheizung.

Der grosse Reparaturschuppen *R* hat eine Grundfläche von 214,64 a. Die Dächer, welche auf 94 eisernen Säulen ruhen, bilden 13 Hallen; normal zur Richtung derselben laufen die Gleise, welche von 2 Schiebebühnen im Niveau durchschnitten werden. Es können in diesem Schuppen 240—300 Wagen zur Reparatur aufgestellt werden. In direktem Zusammenhange mit demselben stehen die mechanische Werkstatt *E*, in welcher nur kleinere Maschinen für Eisen-Bearbeitung aufgestellt sind, sowie die Achsendreherei *N*. Zwischen diesen beiden Abtheilungen liegt, durch Brandmauern eingeschlossen, der Holzbearbeitungs-Raum *H*, der durch ein direktes Gleis mit den Holzmagazinen M_1 und M_2 in Verbindung steht, während die Werkstatt *E* mit der Schmiede *S*, die Werkstatt *N* mit dem Raume *T*, in welchem die Feuerarbeiten an Achsen, Rädern und Bandagen ausgeführt werden, direkt kommunizirt. Sämmtliche Werkzeugmaschinen werden durch eine 25 pferdige Zwillingsmaschine betrieben. — Die Anstreicher-Werkstatt *A* besteht aus 7 zusammen hängenden Hallen und hat 6 Gleise, die von einer mittleren Schiebebühne durchschnitten werden. Es können 72 Güterwagen aufgestellt werden. — Die Lackirerei für Personenwagen *L* ist durch eine Glaswand von dem vorigen Raume getrennt und hat eine besondere Schiebebühne, die 7 Gleise durchkreuzt. — Die Sattler-Werkstätten befinden sich in dem 2geschossigen Theile *P* des Gebäudes, dessen Mittelbau 4 Hoch-Reservoire in einer Höhe von 17,50 m über den Schienen aufnimmt. — Das Gebäude *D* dient für Decken-Reparaturen. Die Schmiede *S* enthält 32 Feuer und 2 Dampfhämmer von 12 bezw. 8 Ztr. Hammergewicht. Je 6 Feuer haben einen Kamin und sind so angeordnet, dass 4 zusammen hängende frei zur einen Seite des Gleises und je 2 zur anderen Seite desselben an der Wand stehen. Den Wind, in einer Pressung von 450 mm Wassersäule, liefert ein Ventilator, der von einer 10 pferd. Dampfmaschine betrieben wird. — In dem mit *F* bezeichneten Raume ist die Federschmiede angelegt. — Das Kesselhaus *K* enthält 2 Dampfkessel für je 30 Pferdekr. — Das Achsenreparatur-Haus *T* enthält Feuerungsanlagen zum Ab- und Aufziehen, sowie zum Ausglühen der Bandagen, sowie 3 hydraulische Pressen zum Aufpressen der Räder auf die Achsen. — Die Klempner-Werkstatt ist in dem Raum *I* untergebracht. — Das Magazingebäude *M* ist in 2 Etagen erbaut und unterkellert. Ein Schienengleis führt über eine im Gebäude angelegte Zentesimal-Waage ins Innere und es können die Waaren mittels Hebe-Vorrichtungen in die obere Etage sowie in den Keller gebracht werden. Die mit M_1 bis M_4 bezeichneten Räume sind Holz-Magazine. —

Nachstehend folgen ferner die hauptsächlichsten Angaben über eine Zentral-Anlage auf dem im Jahre 1878 in Betrieb genommenen Werkstätten-Bahnhof Leinhausen bei Hannover (Hannov. Staatsbahn), von welchem in Fig. 742 die Sit.-Skizze gegeben ist.

Bei der Gruppirung der Anlage ist man davon ausgegangen, die eigentlichen Werkstätten in 2 Abtheilungen zu zerlegen, von denen die eine den Lokomotiv-, die andere den Wagen-Reparaturdienst umfasst; zwischen beiden sind die von beiden Abtheilungen gemeinsam zu benutzenden Gebäude plazirt worden. Es gehört hierzu in erster Reihe die im Situations-Plane unter 4 angegebene Schmiede, die an einem Ende besondere Anbauten bezw. zu Kessel- und Reifen-Schmiede hat.

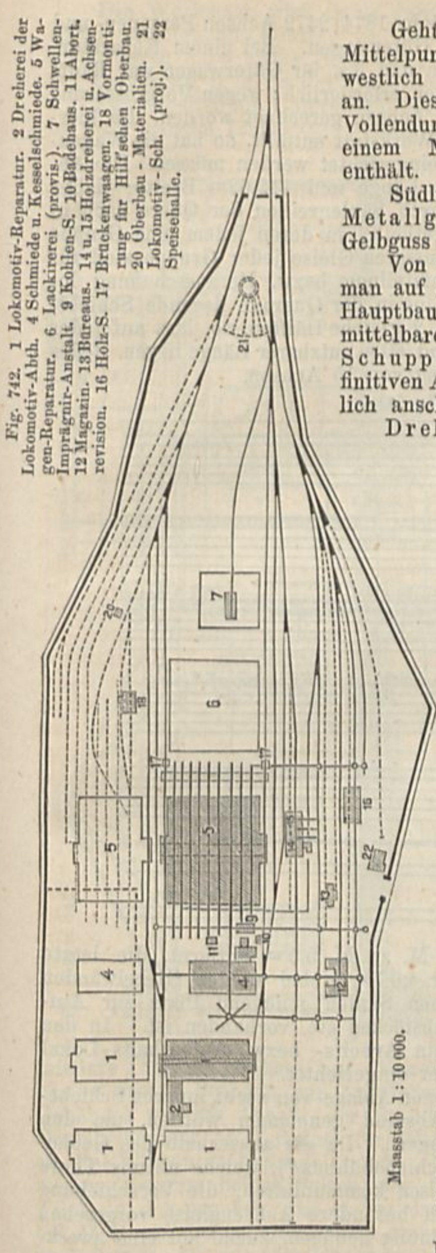


Fig. 742. 1 Lokomotiv-Reparatur. 2 Dreherei der Lokomotiv-Abth. 4 Schmiede u. Kesselschmiede. 5 Wagen-Reparatur. 6 Lackirerei (provis.). 7 Schwellen-Imprägnir-Anstalt. 9 Kohlen-S. 10 Badehaus. 11 Abort. 12 Magazin. 13 Büreaus. 14 u. 15 Holzdreherei u. Achsenrevision. 16 Holz-S. 17 Brückenwagen. 18 Vormontirung für Hilf'schen Oberbau. 20 Oberbau-Materialien. 21 Lokomotiv-Sch. (proj.). 22 Speisehalle.

Geht man von der Schmiede als Mittelpunkt der Anlage aus, so reiht sich westlich die Lokomotiv-Reparatur an. Dieselbe wird nach ihrer späteren Vollendung 2 Parallelflügel bilden, mit einem Mittelbau, der die Dreherei enthält.

Südlich dieser Gebäudegruppe ist eine Metallgiesserei für Eisen- sowohl als Gelbguss angeordnet.

Von der Schmiede aus östlich stösst man auf die Wagen-Reparatur, deren Hauptbau ein grosses Rechteck bildet. Unmittelbarer Zubehör dazu sind die Lackir-Schuppen, welche in ihrer späteren definitiven Ausführung sich noch weiter östlich anschliessen sollen.

Dreherei und Holzbearbeitung liegen unmittelbar südlich des Hauptschuppens; noch mehr südlich liegt der Nutzholz-Schuppen.

Etwa in der Mittelaxe und nahe am Südrande des Bahnhofs liegt das Hauptmagazin-Gebäude, welches sowohl Werkstätten- als auch Betriebs-Materialien aufnimmt. Deshalb befinden sich hier grössere Lagerräume für Oel und Petroleum, welche letzteren jedoch der Feuergefährlichkeit wegen gesondert angeordnet worden sind.

Der Einheitlichkeit der Verwaltung wegen ist auch der gesammte Büreaudienst nach dem Bahnhofe verlegt, wozu ausgedehnte Büreau-Räumlichkeiten ziemlich in der Mitte der Anlage errichtet sind.

Als ein besonders wichtiges Moment ist die Erweiterungsfähigkeit aufgefasst worden. Die nur konturirten Anlagen lassen erkennen, dass sich nach Ausnutzung des gesammten, zur Verfügung stehenden Terrains etwa eine Verdoppelung der jetzigen Grundfläche der Gebäude ergeben wird.

Die Grösse der Wagen-Reparatur-Werkstatt (Fig. 743—745) ist aus der zeitigen Anzahl der zu ihrem Bereiche gehörigen Personen- und Güterwagen, unter Berücksichtigung einer etwaigen Vermehrung derselben im Laufe der folgenden Jahre, hergeleitet.

Dieser Bestand umfasste im Frühjahr 1874 2472 Achsen Personen- und Gepäckwagen und 12910 Achsen Güterwagen. Bei einem Reparaturstand von 8% für Personenwagen und 3% für Güterwagen war Raum zur Unterbringung von 585 Achsen erforderlich; wegen Vergrösserung des Wagenparks ist aber auf 640 Achsen gerechnet worden. Da hiervon ungefähr $\frac{1}{12}$ auf die Lackirer-Werkstatt entfällt, so hat die Wagen-Reparatur für rund 600 Achsen eingerichtet werden müssen. Die Abmessungen derselben sind 140ᵐ Länge und 112,62ᵐ Breite; daher Fläche 15667 qm. Letztere ist durch Säulenreihen der Quere nach in 10 Felder von je 11ᵐ Breite getheilt, in deren jedem eine Gruppe von 3 Gleisen liegt; die beiden äusseren Gleise jeder Gruppe sind für Wagen, das mittlere ist zur Aufstellung bezw. Herausschaffung los genommener Achsen bestimmt. Eine in der Queraxe liegende Schiebebühne trennt die Grundfläche in 2 gleiche Hälften, so dass auf jeder Seite 20 Wagengleise von je rund 60ᵐ nutzbarer Länge liegen. Jedes Gleis bietet Raum zur Aufstellung von 15 Achsen.

Fig. 743.

Die Wagengleise sind von M. zu M. 5,5ᵐ entfernt, die letzte Gleismitte von der Aussenmauer 4,06ᵐ, wobei an den Giebelwänden sowohl als zwischen den einzelnen Säulen genügend Platz zur Aufstellung von Feilbänken, Schraubstöcken etc. vorhanden ist. In den 4 Ecken des Gebäudes ist je ein Arbeits- bezw. Aufenthalts-Lokal für Werkmeister und Vorarbeiter eingerichtet.

Von der in Frage gekommenen Anlage von zwei inneren Schiebebühnen ist aus dem Grunde Abstand genommen worden, um den nutzbaren Raum nicht zu verringern. Da die ausserhalb des Gebäudes liegenden beiden Parallel-Schiebebühnen*), welche mittels Thore mit sämmtlichen Reparatur-Gleisen kommuniziren, die Verschiebung der Wagen erleichtern und auch besondere Achsengleise vorgesehen sind, so wird die gewählte Anordnung genügen, zumal auf eine zweckmässige Vertheilung der Wagen ohnehin Bedacht genommen werden muss.

*) In Fig. 742 ist versehentlich nur die eine dieser beiden Schiebebühnen angegeben.

Die Werkstatt wird theils durch grosse, in den beiden Giebelseiten angebrachte Fenster von 2,0 . 4,8 m bezw. 1,5 . 3,75 m Grösse, theils durch 3,6 m breite Oberlichter erhellt, welche zu beiden Seiten des Dachfirsts, u. z. in der Dachfläche selbst angeordnet sind.

Für Arbeiten am Untergestell der Wagen hat die Hälfte der Gleise in ihrer ganzen Länge 0,85 m tiefe Löschgruben erhalten.

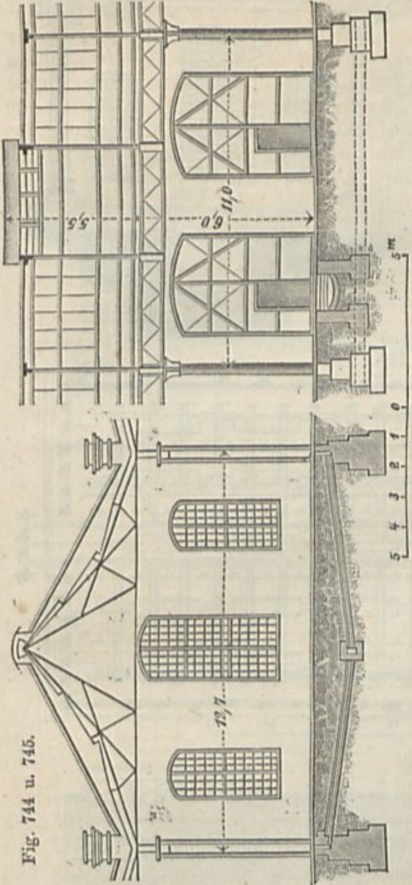


Fig. 744 u. 745.

Der Werkstatt-Fussboden liegt auf S.-O. und besteht unter den Feil- und Werkbänken aus 5 cm starken tannenen Dielen, in der übrigen Fläche aus einem Estrich.

Für die Heizung wird der Abgangs-Dampf der vorhandenen Maschinen unter Zuschuss von frischem Dampf verwendet. Die Heizfläche wird in Röhren und in einem Theile der als Dachstützen vorhandenen Säulen geschaffen, u. z. dienen die Säulenreihen abwechselnd zur Heizung und zur Ableitung des Dachwassers.

Zur Dunst-Abführung sind für jedes Schiff 3 Dunstabzüge mit zusammen 11 m Länge angebracht. Die Breite der Dunstabzüge ist 0,95 m. Die Jalousie-Bleche in den Dunstabzügen stehen fest.

Die Dachkonstruktion ist vollständig in Eisen ausgeführt und als Deckungs-Material verzinktes Eisen-Wellblech verwendet. Die Eindeckung der steiler gelegten Oberlichter ist mit Rohglas von 6 mm Stärke ausgeführt.

Das Dach ist unterschalt und es liegt zwischen Wellblech und Schalung eine isolirende Luftschicht von etwa 10 cm Höhe.

In der flügelförmig projektirten Lokomotiv-Reparatur (Fig. 746—748) nimmt der mittlere Theil die Dreherei auf. Von den Flügelbauten ist zunächst nur einer mit 64 Ständen zur Ausführung gelangt. Für die Länge des Gebäudes war die Anzahl der Stände maassgebend, nächstdem das Raumbedürfniss an Lokalen für Werkmeister und Vorarbeiter, die als Eck-Einbauten behandelt sind. Die Gebäude-Tiefe ist so bemessen, dass zu beiden Seiten der durchgehenden Schiebebühne je 2 Stände sich ergeben, und es hat das Gebäude hiernach 100 m Länge bei 55,4 m Breite erhalten. Die grosse Tiefe erforderte eine Theilung in 5 Schiffe, die mit Satteldächern überdeckt sind. Jede der 4 Säulenreihen enthält 17 Säulen mit je 5,5 m Abstand. — Die Anlage von Laufkrahnen in den der Mitte zunächst liegenden beiden Schiffen

Fig. 747.

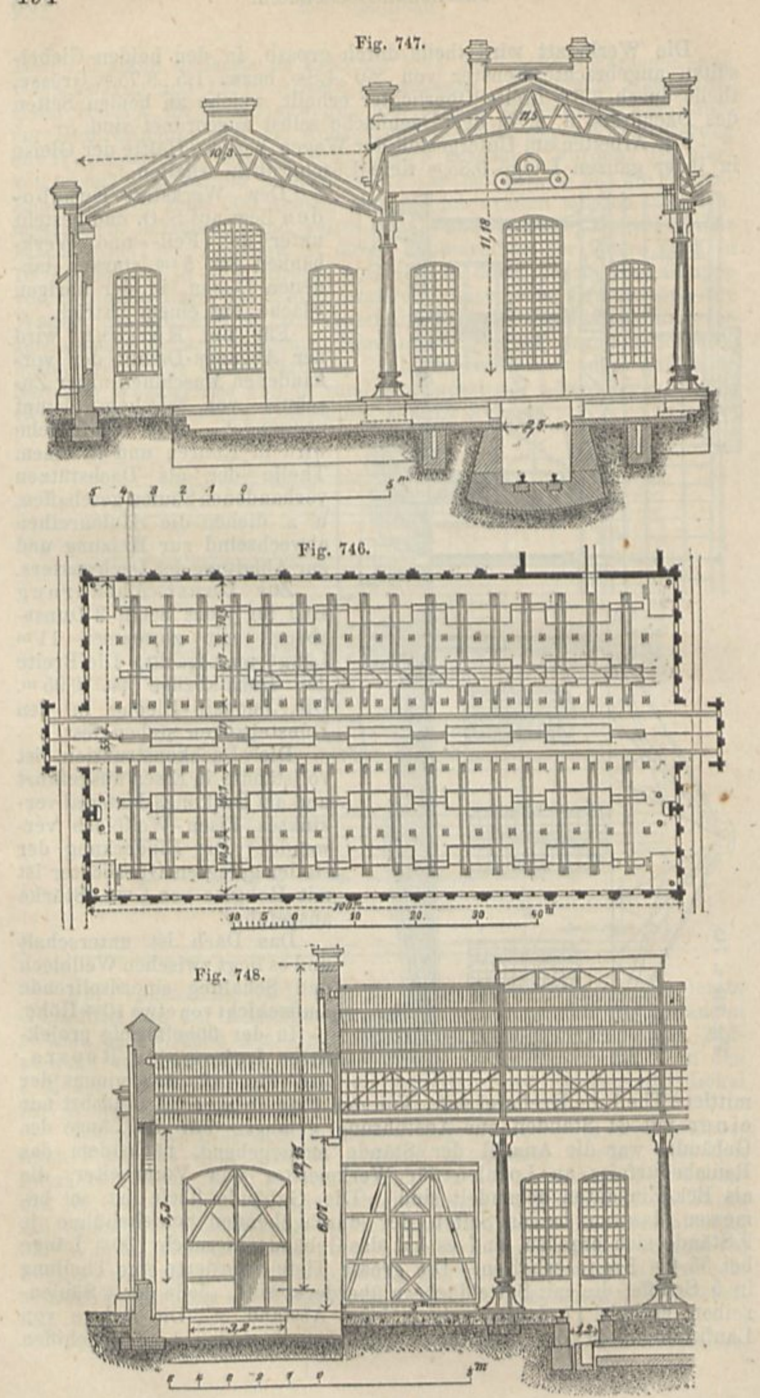


Fig. 746.

Fig. 748.

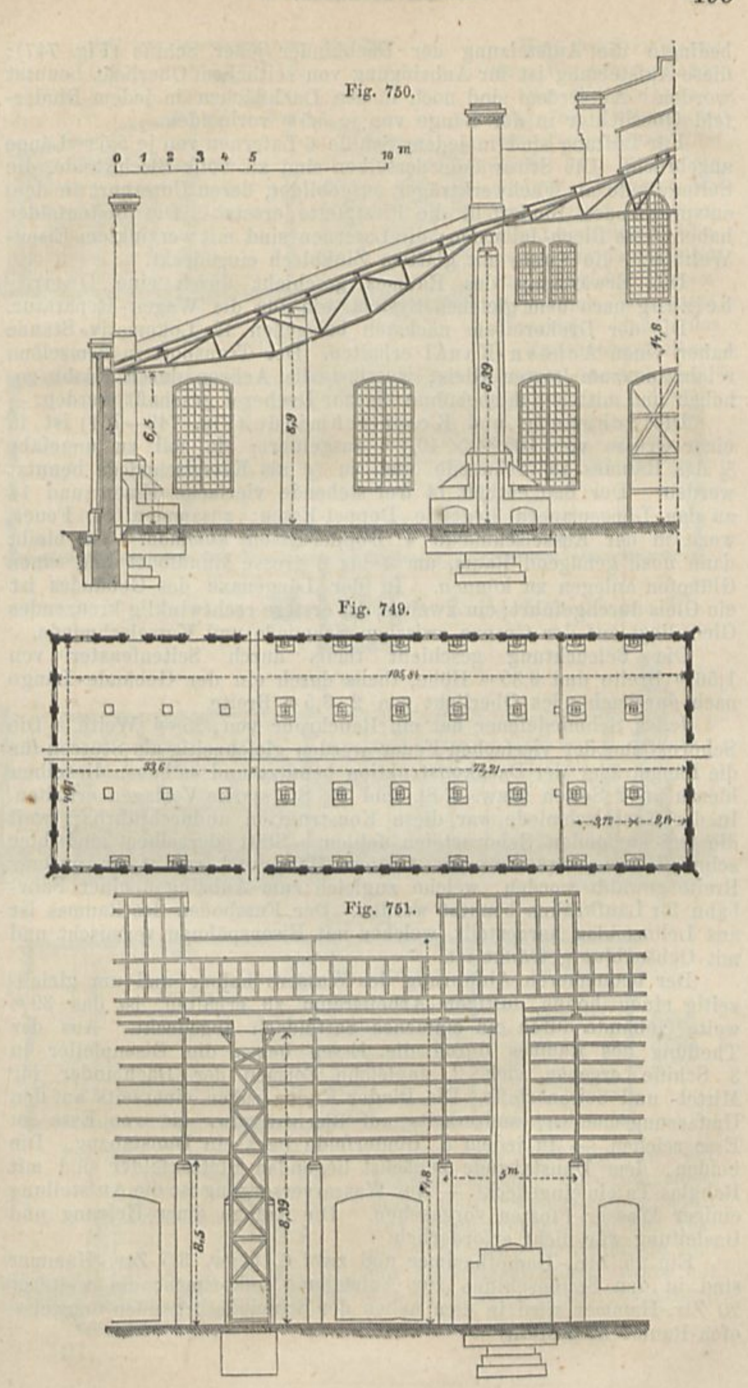


Fig. 750.

Fig. 749.

Fig. 751.

bedingte die Aufstelzung der Dachbinder jener Schiffe (Fig. 747); diese Aufstelzung ist für Anbringung von seitlichem Oberlicht benutzt worden. Ausserdem sind noch in den Dachflächen in jedem Binderfeld Oberlichter in der Länge von je 5,5 m vorhanden.

Für Lüftung sind in jedem Schiffe 6 Laternen von je 5,5 m Länge angebracht. Die Stirnwände derselben sind als volle Blechwände, die Seitenwände als Fachwerkträger ausgebildet, deren Untergurt in dem entsprechenden Binderfeld die Firstpfette ersetzt. Die Seitenfelder haben feste Blech-Jalousien; die Laternen sind mit verzinktem Eisen-Wellblech, die Firste mit glattem Zinkblech eingedeckt.

Die Erwärmung des Raumes geschieht durch eine Dampfheizung nach dem gleichen System, wie für die Wagen-Reparatur.

Die der Dreherei am nächsten belegenen 12 Lokomotiv-Stände haben einen Achsen-Kanal erhalten. Der Transport in demselben reicht bis zum letzten Gleis, woselbst die Achsen durch Krahn gehoben und mittels Schiebebühne bis zur Dreherei geschafft werden. —

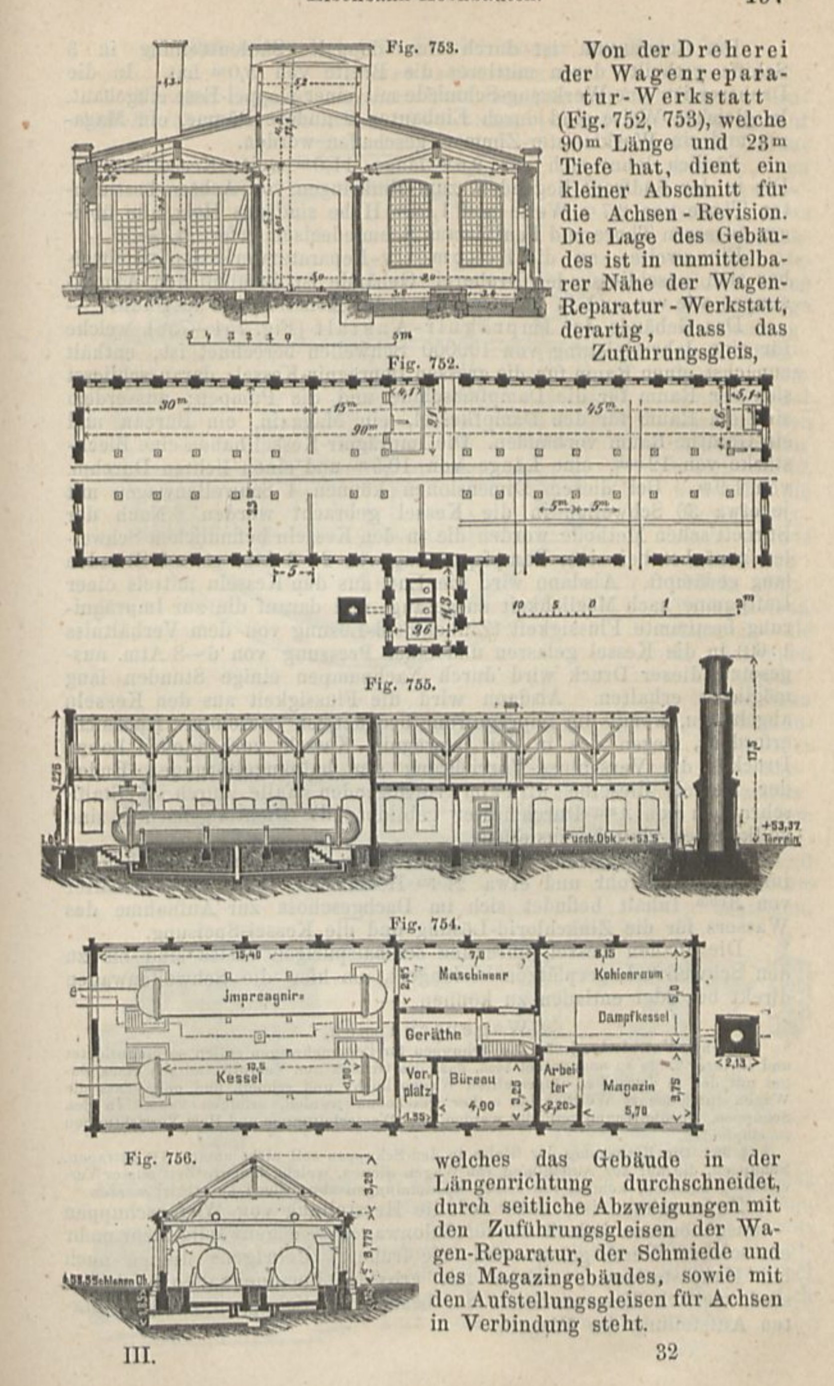
Die Schmiede und Kesselschmiede (Fig. 749—751) ist in einer Grösse von 105,84 × 40,7 m ausgeführt; sie soll zu ungefähr ¾ des Raumes als Schmiede und zu ¼ als Kesselschmiede benutzt werden. Der Bau enthält 14 frei stehende vierfache Essen und 14 an den Längsmauern liegende Doppel-Essen; zusammen 84 Feuer, wozu in der Kesselschmiede 4 Doppel-Essen kommen. Es bleibt dann noch genügend Raum, um 4 bis 6 grosse Rundfeuer und einen Glühofen anlegen zu können. In der Längenaxe des Gebäudes ist ein Gleis durchgeführt; ein zweites, das erstere rechtwinklig kreuzendes Gleis liegt auf der Grenze zwischen Schmiede und Kesselschmiede.

Die Beleuchtung geschieht theils durch Seitenfenster von 1,56 m Breite und 3,35 m Höhe, theils durch ein der Gebäude-Länge nach durchgehendes Oberlicht von 2 . 3,5 m Breite.

Jedes Schmiedefeuer hat ein Rauchrohr von 25 cm Weite. Die Schornsteine der vierfachen Feuer werden gleichzeitig als Stützen für die Längsträger der Dachkonstruktion benutzt und es haben dieselben hierzu an 2 Seiten bezw. 1 St. und 2½ St. starke Vorlagen erhalten. In der Kesselschmiede war diese Konstruktion undurchführbar, weil die frei stehenden Schornsteine fehlen. Statt derselben sind hier schmiedeiserne Stützen von 11,15 m Höhe und rot. 1,4 m unterer Breite gewählt worden, welche zugleich zum Anbringen einer Fahrbahn für Laufkrähne benutzt werden. Der Fussboden des Raumes ist aus Lehmschlag hergestellt, welcher mit Eisenspähnen vermischt und mit Ochsenblut getränkt ist.

Der bequemeren Abführung des Wassers halber und um gleichzeitig einen hohen, luftigen Arbeitsraum zu erhalten, ist das 39 m weite Gebäude durch ein einfaches Satteldach abgedeckt. Aus der Theilung des Raumes durch die Essen bezw. die Eisenpfeiler in 3 Schiffe ergeben sich 2 ungleiche Formen der Dachbinder für Mittel- und Seitenschiffe. Die Binder-Enden ruhen einerseits auf den Umfassungsmauern, andrerseits auf Blechträgern, die von Esse zu Esse reichen. — In jedem 3. Binderfelde liegt ein Dunstabzug. Die beiden, dem Dunstabzuge zunächst liegenden Pfettenfelder sind mit Rohglas-Tafeln eingedeckt. — Zur Wasserversorgung ist die Aufstellung einiger Wasser-Pfosten vorgesehen. Die Anlage einer Heizung und Gasleitung war nicht erforderlich.

Ein 15 Ztr.-Dampfhammer und zwei 6, bezw. 3,5 Ztr.-Hämmer sind in den Seitenschiffen zur Aufstellung gekommen; ein weiterer 20 Ztr.-Hammer wird in dem neben der Schmiede liegenden Schweissofen-Raume aufgestellt.



Von der Dreherei der Wagenreparatur-Werkstatt (Fig. 752, 753), welche 90m Länge und 23m Tiefe hat, dient ein kleiner Abschnitt für die Achsen-Revision. Die Lage des Gebäudes ist in unmittelbarer Nähe der Wagen-Reparatur-Werkstatt, derartig, dass das Zuführungsgleis, welches das Gebäude in der Längenrichtung durchschneidet, durch seitliche Abzweigungen mit den Zuführungsgleisen der Wagen-Reparatur, der Schmiede und des Magazingebäudes, sowie mit den Aufstellungsgleisen für Achsen in Verbindung steht.

Der Innenraum ist durch eine doppelte Säulenstellung in 3 Schiffe getheilt, deren mittleres die Breite von 5,0^{m} hat. In die Dreherei ist eine Werkzeug-Schmiede mit einer Doppel-Esse eingebaut. In gleicher Weise sind durch Einbauten 2 andere Räume, ein Magazin und ein Werkmeister-Zimmer, geschaffen worden.

Südlich lehnt sich das 9,6^{m} lange, 11,0^{m} weite Kesselhaus an. Die in der Südfront liegenden, zum Einbringen von Achsen bestimmten Thore von 2,7^{m} Weite und 1,67^{m} Höhe sind aus Holz, alle übrigen äusseren Thore und Fenster aus Schmiedeeisen gefertigt. —

Ein zweites, an die Lokomotiv-Reparaturwerkstatt unmittelbar sich anschliessendes Dreherei-Gebäude ist in ähnlichen Abmessungen wie vor und in übereinstimmender Konstruktion ausgeführt. —

Das Gebäude der Imprägnir-Anstalt (Fig. 754—756), welche für eine Jahresleistung von 100000 Schwellen berechnet ist, enthält zunächst einen Raum für die grossen Imprägnir-Kessel; daran schliesst sich der Raum für die Dampfmaschine und die Pumpen; ausserdem sind ein Raum für den Dampfkessel, ein Magazin, ein Büreau und ein Geräthe-Raum vorhanden. Die Imprägnir-Kessel haben eine Blechstärke von 12^{mm}, eine Länge von 10,5^{m} und einen lichten Durchm. von 1,9^{m}. Bei diesen Dimensionen können 4 Schwellenwagen mit je etwa 30 Schwellen in die Kessel gebracht werden. Nach der Burnett'schen Methode werden die in den Kesseln befindlichen Schwellen zunächst bei einer Dampfspannung von 2—3 Atm. etwa 3 Stunden lang gedämpft. Alsdann wird die Luft aus den Kesseln mittels einer Luftpumpe nach Möglichkeit ausgesaugt und darauf die zur Imprägnirung bestimmte Flüssigkeit (Zinkchlorid-Lösung von dem Verhältniss 1:60) in die Kessel gelassen und einer Pressung von 6—8 Atm. ausgesetzt; dieser Druck wird durch Nachpumpen einige Stunden lang möglichst erhalten. Alsdann wird die Flüssigkeit aus den Kesseln abgelassen, womit die Imprägnirung beendet ist. Besondere Rücksicht erfordert, wegen des in den Imprägnir-Kesseln vorhandenen hohen Druckes, die Verschluss-Vorrichtung der halbkugelförmigen Enden der Kessel; dieselbe wird im vorliegenden Falle durch 36 Stahlschrauben von 3^{cm} Durchmesser gebildet; die Dichtungsflächen sind vollkommen glatt herzustellen.

Die Dampfmaschine hat etwa 10 Pfdkr.; der Dampfkessel hat ein inneres Flammrohr und etwa 21^{qm} Heizfläche. Ein Wasserbehälter von 8^{cbm} Inhalt befindet sich im Dachgeschoss zur Aufnahme des Wassers für die Zinkchlorid-Lösung und die Kessel-Speisung.

Die in den Kessel führenden schmalspurigen Gleise sind bis zu den Schwellen-Lagerplätzen verlängert, um hier die Schwellenwagen direkt be- oder entladen zu können. —

Wagenschuppen.

Techn. Vereinb. § 97. Die Schuppen für Personenwagen sollen so eingerichtet und in ihrer Lage so angeordnet sein, dass das Ordnen und Vervollständigen eines Zuges mit den in demselben aufgestellten Wagen leicht und schnell, und ohne dass die Wagen durch mehre Weichen hin u. her geschoben werden, erfolgen kann. In den Schuppen, wo die Wagen gereinigt werden, sind Wasserleitungen und Heiz-Vorrichtungen zu empfehlen.

§ 98. Die Entfernung der Gleise in den Schuppen soll nicht unter 4,4^{m} betragen. Schuppen, die nur zur Aufstellung von Wagen dienen, welche längere Zeit ausser Verwendung kommen, können von diesen Bestimmungen abweichend konstruirt werden.

Zu erwähnen ist, dass auf die Herstellung von Wagenschuppen — ausgenommen jedoch die für Salonwagen — gegenwärtig nicht mehr ein solcher Werth gelegt wird, wie früher. Uebrigens dienen auch bei Hauptstationen, welche mit grossen Personenhallen versehen sind, vielfach diese an Stelle der besonderen Schuppen zur geschützten Aufstellung der Wagen. —

g. Besondere Betriebs-Einrichtungen der Bahnhöfe.

1. Drehscheiben.

Für frei liegende Lokomotiv-Drehscheiben empfiehlt sich ein Gruben-Durchmesser von mind. 12 m; besser ist es, denselben bis auf 14,5 m anzunehmen, um zu ermöglichen, dass beim Auffahren der Maschine eine gleichmässige Vertheilung und thunlichste Konzentration der Last auf den Mittelzapfen erzielt werde, wodurch die Anwendung einer Winde entbehrlich wird. Für Drehscheiben dagegen, die in Schuppen liegen, wird man sich im Interesse der Raumersparniss mit einem Durchm. von 12,0 bis 12,5 m begnügen.

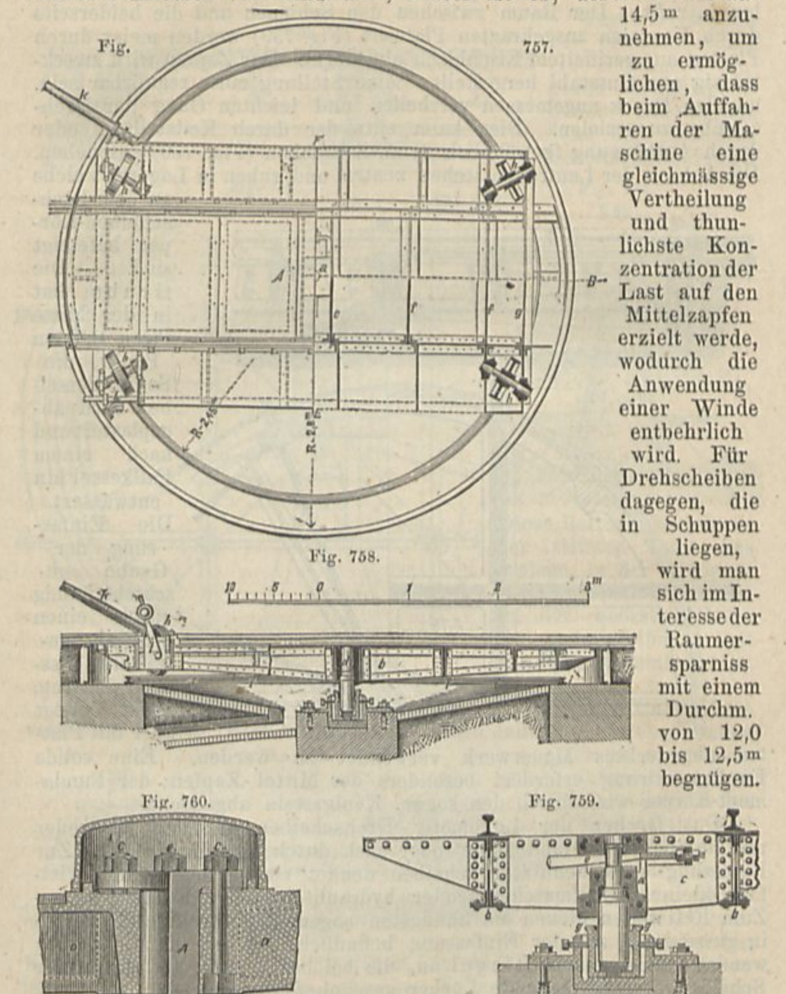


Fig. 757. Fig. 758. Fig. 759. Fig. 760.

Wagen-Drehscheiben sollen möglichst einen Durchm. nicht unter 4,5 m erhalten.

Das Material der Lokomotiv-Drehscheiben soll, wenigstens für die Haupttheile, Schmiedeisen oder Stahl sein; bei Wagen-Drehscheiben kann unbedenklich auch Gusseisen verwendet werden.

Eine übliche Konstruktion der Lokomotiv-Drehscheiben ist in den Fig. 757—760 dargestellt. Bei derselben sind die beiden Hauptträger mit Querträgern zu einem System verbunden, welches einerseits auf dem Mittelzapfen *a*, andrerseits auf 4 gusseisernen Rollen *h*, ruht. Der Raum zwischen den Schienen und die beiderseits durch Konsolen ausgekragten Plateaus (Fig. 759) werden meist durch Platten aus geriffeltem Eisenblech abgedeckt. Der Zapfen wird zweckmässig aus Gusstahl hergestellt. Seine Stellung muss regulirbar sein, um den Druck angemessen vertheilen und leichten Gang der Drehscheibe zu erzielen. Dies kann entweder durch Keilstellung oder durch Aufhängung (gewöhnlich 2) an Schrauben (Fig. 760) geschehen. Die Achsen der Laufrollen stehen zentral und ruhen in Lagern, welche an dem Drehscheiben-Körper befestigt sind. — Die Grube hat in der Mitte ihren tiefsten Punkt, die Sohle derselben wird abgeplastert und nach einem Fallkessel hin entwässert. Die Einfassung der Grube geschieht häufig durch einen [förmig gestalteten gusseisernen Ring; meist pflegt aber mit Platten abgedecktes Mauerwerk verwendet zu werden. Eine solide Fundamentirung erfordert besonders der Mittel-Zapfen; der Fundament-Körper wird durch den sogen. Königsstein abgedeckt. —

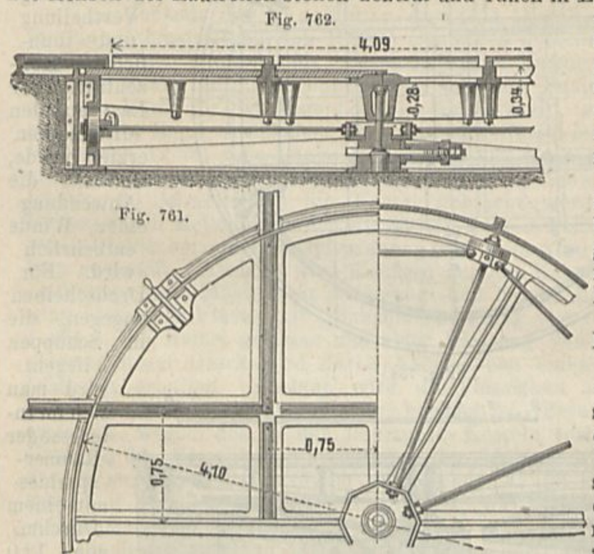


Fig. 762.

Fig. 761.

Das Drehen der Lokomotiv-Drehscheiben geschieht entweder mittels Speichen (Handbäume) oder auch durch eine Handwinde. Zur Bewegung stark benutzter Scheiben wendet man indessen auch vielfach kleine Dampfmaschinen oder hydraulische Vorrichtungen an. — Zum Feststellen dienen am häufigsten sogen. Klinkhaken, welche in gusseiserne, auf der Einfassung befindliche Lücken einfallen; man wendet indessen auch Riegel an, die bei bestimmten Stellungen der Scheiben in entsprechende Löcher geschoben werden. —

Die Wagen-Drehscheiben, welche zur Verminderung der zum Drehen erforderlichen Zeit gewöhnlich 2 oder auch selbst 3 (Stern-Drehscheiben) sich kreuzende Gleise aufnehmen, bestehen in der Hauptsache aus einem soliden gusseisernen Gestell mit kräftigen Rippen unter den Schienen, etwas niedrigeren Verbindungs-Rippen am Umfange und einem starken Kreuz in der Mitte (Fig. 761). Häufig indessen werden auch die Haupttheile der Wagen-Drehscheiben aus Schmiedeisen konstruirt. Die Konstruktion von van der Zypen & Charlier in Deutz, Fig. 762—764, zeichnet sich durch geringes Ge-

wicht aus; sie muss indessen mit besonders starken Quer-Verbindungen versehen sein, weil sonst beim Drehen der Scheibe eine Deformirung eintreten kann.

Wagen-Drehscheiben erhalten häufig eine zusammen hängende Fundament-Schale und werden dann auf einfachem Schotterbett fundirt.

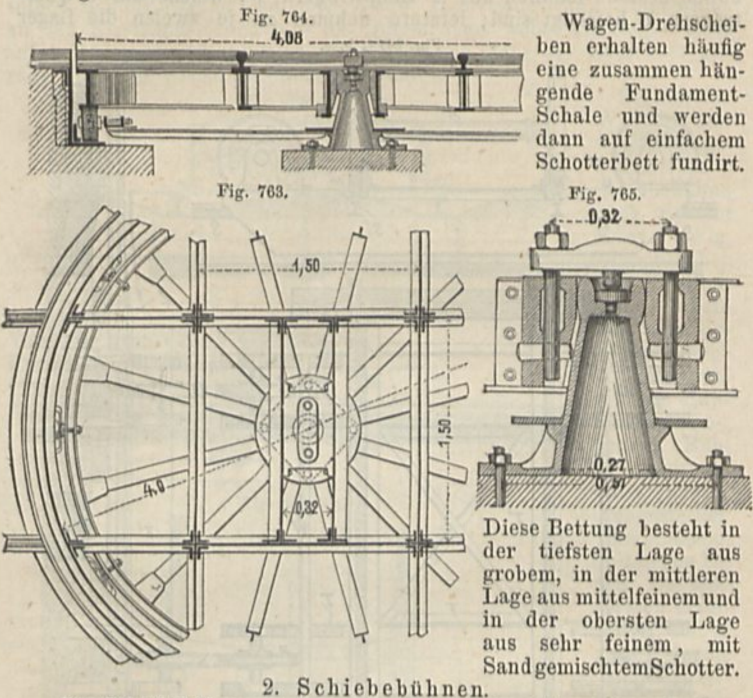
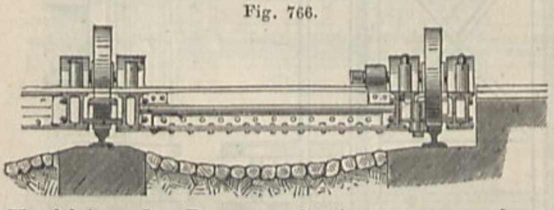


Fig. 764. Fig. 763. Fig. 765.

Diese Bettung besteht in der tiefsten Lage aus grobem, in der mittleren Lage aus mittelfeinem und in der obersten Lage aus sehr feinem, mit Sand gemischtem Schotter.

2. Schiebebühnen.

Die Schiebebühnen werden unterschieden in solche mit und ohne versenkte Gleise. Erstere sind nur ausserhalb der durchgehenden Gleise gestattet, kommen daher hauptsächlich bei Werkstätten und Schuppen vor. Unversenkte Schiebebühnen finden sich vor Güterschuppen, in den Kopfgleisen der Personen-Stationen, um angekommene Lokomotiven beseitigen und namentlich auch um Uebergangs-Wagen von den Gleisen der einen in die einer anderen Richtung verschieben zu können.


Fig. 766.

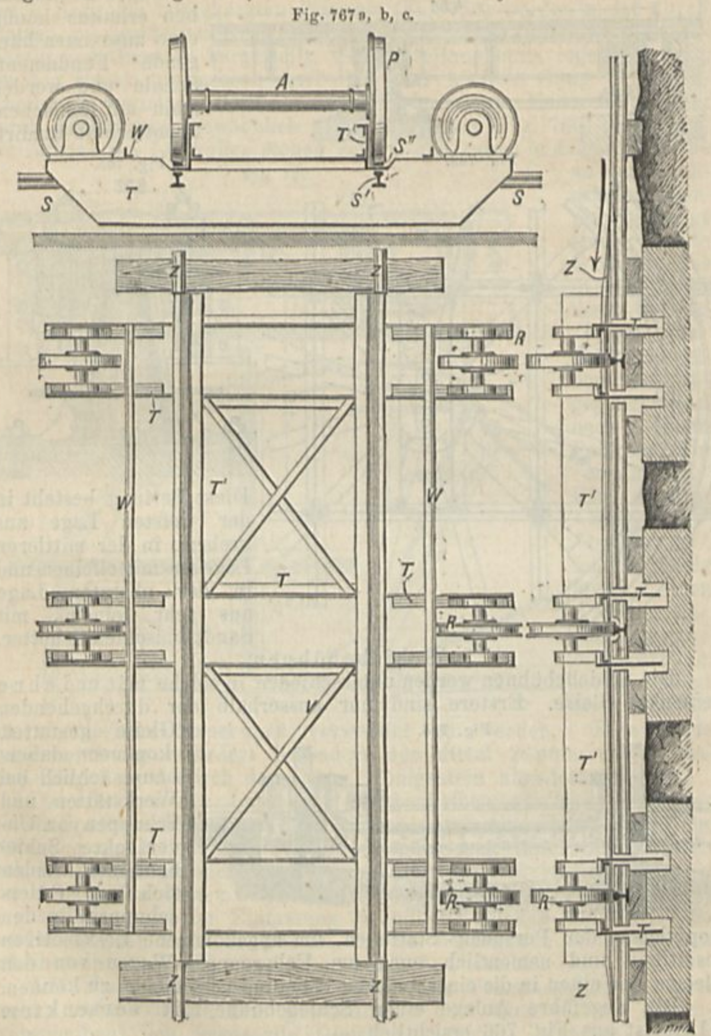
Die ungefähre Anlage einer Schiebebühne mit versenktem Gleis ist aus Fig. 766 ersichtlich. —

Bei der Schiebebühne ohne versenktes Gleis liegen die Schienen mit denen des Bahnhofs in gleicher Höhe, oder auch um so viel höher, dass eine Durchschneidung der Schienen in den Hauptsträngen vermieden wird. Das Plateau der Schiebebühne muss mit Hülfe kurzer Auflaufschienen erklommen werden.

Fig. 767 stellt eine unversenkte Schiebebühne (mit einer aufgefahrenen Achse) dar, welch letztere verschoben werden soll. Bei dieser Aus-

führungsweise müssen (wegen der vorkommenden Querträger) die Schienen der gekreuzten Gleise durchschnitten werden. Die Schiebebühne besteht nämlich aus 2 Hauptträgern *T'*, welche auf 6 Querträgern *T* befestigt sind; letztere nehmen zu je zweien die Lager

Fig. 767a, b, c.



für die Achsen der 6 Laufräder *R* auf. Die mittleren Räder sind mit Spurkränzen versehen, während die 4 Endräder ohne solche sind. Die beiden Längsträger bilden bei *S"* zugleich die Unterstützung für die zu versetzende Achse. —

Bedingung des leichten Ganges einer Schiebebühne sind kräftige Konstruktion, genaue Gleislage und richtige Stellung der aufgefahrenen Achsen. —

Bei der Schiebebühne der Köln-Mindener Bahn (Fig. 768 a, b) hat man, um die unangenehmen Einhaue der Parallelgleise zu umgehen, auf jeder Seite 3 auf einem und demselben Schienenstrang laufende Räder angewendet und unterbricht an den Kreuzungsstellen blos die Querstränge, wobei die Bühne stets auf 4 Rädern gestützt bleibt, wenn auch ein Paar der Laufräder gerade über der Gleisunterbrechung steht. —

Fig. 768 a, b.

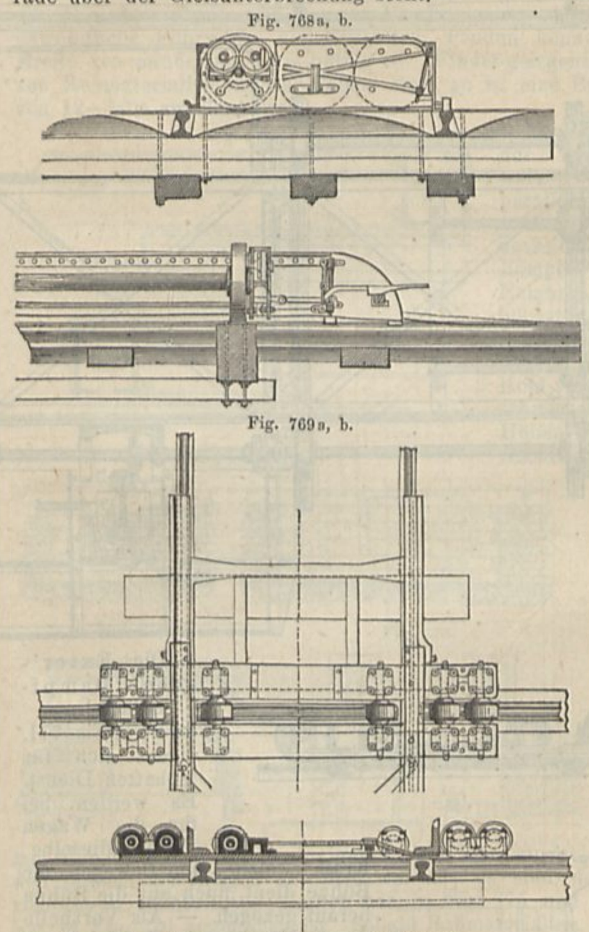


Fig. 769 a, b.

Bei der für Wagen-Bewegung eingerichteten Schiebebühne nach System Klett (Fig. 769 a, b) gehen die Parallel-Gleise ebenfalls ohne Unterbrechung durch, während die etwas erhöht liegenden Bühnen-Gleise an den Kreuzungsstellen entsprechende Lücken haben. Die äussersten Laufrollen haben zur Führung Spurkränze. Die Laufrollen liegen übrigens theils innerhalb theils ausserhalb, wodurch die Konstruktion eine Kombination von zwei Prinzipien verwirklicht, von denen meist jedes für sich allein zur Anwendung kommt. —

Während bei den bisher erwähnten Konstruktionen das Fortbewegen durch direktes Schieben (an den aufgefahrenen Wagen) erfolgt, werden die Schiebebühnen nach System Nollau (Fig. 770 a, b, c) durch Zahnrad-Vorgelege bewegt. Die Bühne bewegt sich bei 1 Kurbelumdrehung und der Uebersetzung = 1 : 2 um 2,29 m vorwärts. Der Gleiskarren läuft auf 4 Schienensträngen und besitzt 4 flache Querträger, die durch ⊥förmige Gusstücke versteift werden; die Fahrbahn wird durch L-Eisen gebildet. Die Räder haben schmiedeiserne Reifen. —

Fig. 770 a, b u. c.

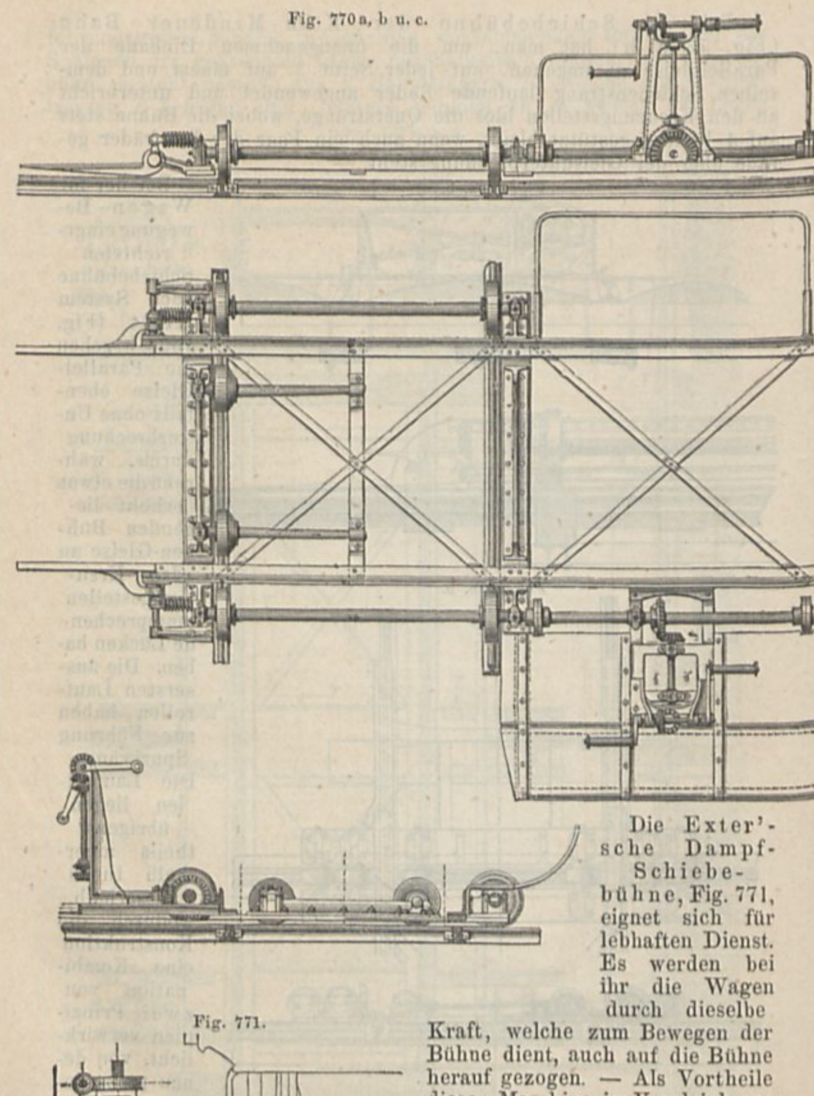


Fig. 771.

Die Exter'sche Dampf-Schiebebühne, Fig. 771, eignet sich für lebhaften Dienst. Es werden bei ihr die Wagen durch dieselbe Kraft, welche zum Bewegen der Bühne dient, auch auf die Bühne herauf gezogen. — Als Vortheile dieser Maschine im Vergleich zur Rangir-Lokomotive werden die geringeren Betriebskosten und die Beseitigung der beim Rangiren mit Lokomotiven unvermeidlichen Gefahren für Menschenleben und der häufigen Beschädigung von Wagen durch Zusammenstösse bezeichnet. —

3. Rampen.

Die Rampen haben Auffahrt und Vorfahrt. Es ist bei der Anlage darauf Rücksicht zu nehmen, dass viele Gegenstände, z. B. Equipagen, Luxuspferde etc., an den Kopfenden der Wagen zu verladen sind, während allerdings in den meisten Fällen das Verladen an der Langseite geschieht. Die in den Fig. 772, 773 dargestellten Grundrisse von Verlade-Rampen entsprechen diesen Anforderungen.

Die obere Breite des Rampen-Plateaus muss so gross sein, dass gewöhnliche Fuhrwerke auf demselben wenden können, wozu eine Breite von mindestens 10 m nöthig ist. Findet gelegentliche Lagerung von Rohmaterialien auf der Rampe statt, so ist eine Breite derselben von 12—16 m zweckmässig.

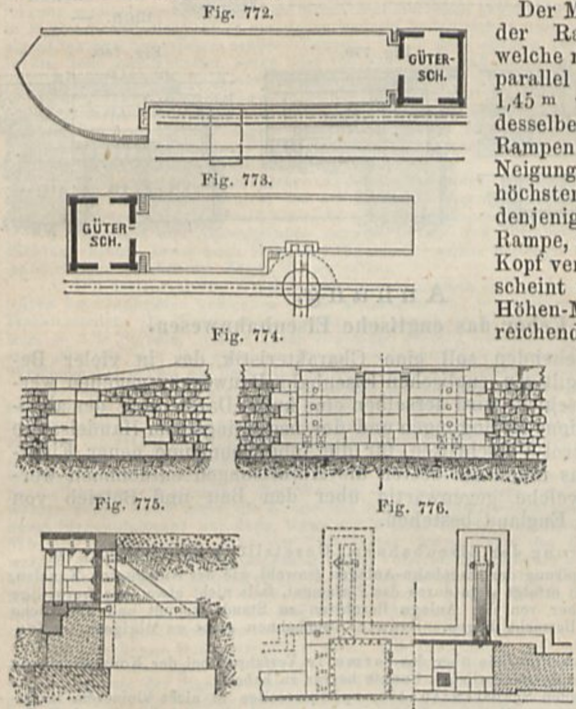


Fig. 772. Fig. 773. Fig. 774. Fig. 775. Fig. 776.

Der Minimal-Abstand der Rampen-Mauern, welche mit einem Gleise parallel laufen, beträgt 1,45 m von der Mitte desselben, die Höhe der Rampen 1,12 m, die Neigung der Auffahrten höchstens 80 ‰. Für denjenigen Theil der Rampe, auf welchem vor Kopf verladen wird, erscheint das angegebene Höhen-Maass kaum ausreichend, da das normale Maass für die Erhebung der Oberkante der Bufferscheibe über S.-O. ca. 1,240 m beträgt. Hierdurch ist eine Erhebung des Rampen-Plateaus an fraglicher Stelle motivirt, wie dies Fig. 774 zeigt.

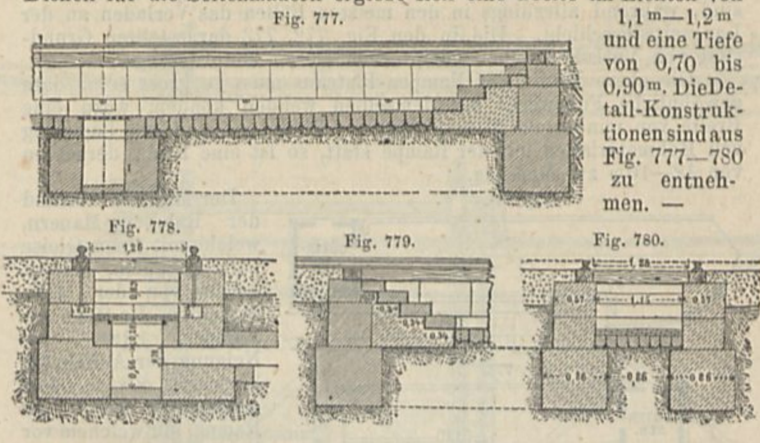
Die Rampen-Mauern haben an denjenigen Stellen sehr zu leiden, welche von den Buffern der Wagen getroffen werden; es sind dort Stoss-Vorrichtungen anzubringen, ähnlich wie in Fig. 775 und der Grundriss-Skizze Fig. 776 angegeben ist. Sobald Rohmaterialien, wie Holz und Steinkohlen, in Massen zur Verladung gelangen, wird die Arbeit wesentlich erleichtert, wenn die Rampen etwas höher als das Plateau des zu beladenden Fahrzeugs liegen. —

4. Reinigungs-Gruben.

Techn. Vereinb. § 89. Die Gruben zum Reinigen der Roste sind in den Hauptgleisen so anzulegen, dass diese Arbeit erfolgen kann, während die Lokomotive Wasser und Brennmaterial einnimmt. Offene Reinigungsgruben an den Stellen, wo das Publikum die Gleise überschreiten muss, sind unzulässig.

§ 90. Vor den Schuppen für dienstthuende Maschinen sind gut entwässerte Reinigungsgruben anzulegen.

Bei Feststellung der Länge von Reinigungs-Gruben hat man die Abmessungen der vorkommenden Maschinen zu berücksichtigen. Häufig sind die Längen von 11—12^{m}. Bei Annahme genügender Dicken für die Seitenmauern ergiebt sich eine Breite im Lichten von 1,1^{m}—1,2^{m} und eine Tiefe von 0,70 bis 0,90^{m}. Die Detail-Konstruktionen sind aus Fig. 777—780 zu entnehmen. —


Fig. 777. Fig. 778. Fig. 779. Fig. 780.

Anhang.

1. Ueber das englische Eisenbahnwesen.

Im Nachstehenden soll eine Charakteristik des in vieler Beziehung mustergiltigen englischen Eisenbahn-Bauwesens gegeben werden. Voraus geschickt wird derselben eine kurze Darstellung der allgemeinen Konzessions-Bedingungen und der neuerdings vom Handelsamte erlassenen Kontrol-Vorschriften für die Inbetriebnahme neuer Eisenbahnen, weil ans ihnen am besten die Auffassungen entnommen werden können, welche gegenwärtig über den Bau und Betrieb von Eisenbahnen in England bestehen.

Konzessionirung der Eisenbahnen. Gesetzliche Bestimmungen.

Die Konzessionirung der Eisenbahn-Anlagen (sowohl wie der Anlage von Kanälen, Brücken, Häfen etc.) erfolgt stets durch das Parlament, falls nicht etwa eine freiwillige Einigung sämmtlicher von der Anlage Berührten zu Stande kommt und öffentliche Interessen ausser Betracht liegen. Staats-Eisenbahnen giebt es übrigens in England nicht. —

Aus den Vorschriften, die über das formelle Verfahren bei der Konzessionirung bestehen, sind folgende wesentlichen Punkte hervor zu heben:

Die vorzulegenden Spezial-Situationspläne sollen in nicht kleinerem Maassstabe als 1:15840 (4″ pro Meile) verfasst sein; es muss überhaupt jedes „innerhalb der Grenzen der zulässigen Seitenverschiebung der Bahnaxe" gelegene Gebäude, Hof- oder Garten-Grundstück in einem Maasstabe von 1:4800 besonders dargestellt werden. — Als Grenzen der zulässigen Seitenverschiebung der Bahnaxe gelten zwei rechts und links der Bahnlinie in den Situationsplan eingezeichnete Linien, innerhalb deren die Unternehmer nach erfolgter Konzessionirung die Bahnaxe nachträglich nach Belieben seitlich verschieben dürfen. Die Höhenlage von S.-O. darf hierbei im offenen Lande um 1,52^{m} (5′), in zusammen hängend bebautem Terrain um 0,61^{m} (2′) gegen die genehmigte Lage nach oben oder unten verschoben werden, ohne dass dazu die Zustimmung etwaiger Interessenten erforderlich ist. Steigungen von 1:100 oder stärkere dürfen bei der Ausführung um 0,57 $^{0}/_{00}$ (3′ pro Meile) steiler, schwächere Steigungen dagegen um 1,9 $^{0}/_{00}$ steiler angelegt werden.

Bei Unterführung von sogen. Zollstrassen — den breitesten und besten öffentlichen Strassen — soll die lichte Weite zwischen den Widerlagern, und bei Ueberführung einer Zollstrasse die lichte Weite zwischen den Geländern oder Brüstungsmauern, wenigstens 9,15^{m} (30′) betragen. Das Querprofil des lichten Raumes der Unterführung soll derart sein, dass in der Mitte auf einer Breite von 3,66^{m} (12′) die lichte Höhe 4,88^{m} (16′) beträgt. Die Neigung der Rampen soll nicht steiler sein, als die

mittlere Neigung der Strasse an der betr. Stelle; flacher als 1:30 brauchen jedoch die Rampen nicht angelegt zu werden. — Bei Unter- und Ueberführung von sonstigen öffentlichen Strassen sind die Anforderungen entsprechend geringer als hier angegeben.

Wird eine öffentliche Strasse, die zur Zeit der Bahn-Anlage weniger als 10,66 m (35'), bezw. 7,62 m (25') Breite hatte, nachträglich auf jene Maasszahlen erbreitert, so kann auch die Bahn-Gesellschaft zu einer Verbreiterung der Bauwerke genöthigt werden; mit Rücksicht auf diese Bestimmung ziehen die Gesellschaften es meist vor, die Bauwerke von vorn herein in den Maximal-Maassen von 16,66, bezw. 7,62 m herzustellen.

Die Kreuzung öffentlicher Strassen im Niveau ist nur auf Grund der Konzessionirung jedes einzelnen Falles gestattet; eine derartige Konzession soll jedoch nur dann ertheilt werden, wenn besondere, zwingende Gründe vorliegen und die Niveau-Kreuzung mit der öffentlichen Sicherheit verträglich erscheint. Alle Niveau-Kreuzungen müssen mit Thoren (Barrieren) versehen sein, welche für gewöhnlich gegen die Strasse geschlossen zu halten sind; ferner muss überall da, wo eine öffentliche Fahrstrasse im Niveau gekreuzt wird, eine Wärterstation mit Signal hergerichtet werden. Ueberdies kann das Handelsamt zu jeder Zeit verlangen, dass eine Niveau-Kreuzung durch eine Unter- oder Ueberführung ersetzt werde. Es werden diesen Bestimmungen gegenüber Niveau-Uebergänge in England nach Möglichkeit vermieden und sie finden sich, ausser bei älteren Bahnen, eigentlich nur bei solchen neueren Bahnen, die in ganz ebenem Terrain gelegen sind. In der Nähe von lebhaften Orten oder von Bahnhöfen sind dagegen Niveau-Uebergänge kaum irgendwo, oder doch nur für ganz untergeordnete Zwecke zu finden. —

Staatliche Kontrole des Bahnbaues durch das Handelsamt tritt ein, sobald die Linie in Betrieb genommen werden soll. — Da die hierzu bestehenden Vorschriften das Resultat langjähriger ausgedehnter Beobachtungen sind und somit die Grundzüge des heutigen Eisenbahnwesens in England am besten kennzeichnen, so mögen dieselben nachfolgend im Auszuge Platz finden:

1. Es müssen die erforderlichen Apparate vorhanden sein, um ein angemessenes Raum-Intervall zwischen Zügen, die auf einander folgen, zu sichern. Hiernach ist also ein blosses Zeit-Intervall, als nicht genügend, ausgeschlossen.

2. Bahnhöfe und Abzweigungen müssen Lokal- und Distanz-Signale nach jeder Richtung haben, sowie auch besondere Signale für solche Seitengleise, welche für die Anfahrt oder Abfahrt von Zügen dienen sollen.

3. Die Stellhebel der Weichen und Signale müssen an der für die Bedienung derselben am bequemsten gelegenen Stelle konzentrirt und in gegenseitige Verbindung gebracht werden. Die Weichenzungen sollen mit doppelten Verbindungs-Stangen versehen sein. — Alle Signale, welche durch Drahtzüge gestellt werden, sollen so eingerichtet sein, dass sie sich bei etwaigem Bruch des Drahtes von selbst auf „Halt" stellen. — Weichenhebel dürfen auf dem Planum zwischen den Schienen nicht angebracht sein.

4. Spitz befahrene Weichen sind so viel wie möglich zu vermeiden. Wo dieselben angewandt werden, muss nicht nur der Weichenhebel mit dem zugehörigen Signalhebel in Verschluss-Verbindung gebracht sein, sondern auch das dichte Anliegen der Weichenzunge an die Stammschiene durch einen besonderen Verschluss-Bolzen oder einen anderen gleich zweckmässigen Apparat gesichert und das Umstellen der Weiche während des Darüberfahrens der Züge durch eine neben der Fahrschiene angeordnete Hebelschiene unmöglich gemacht werden. Der Weichen-Verschluss-Bolzen, welcher nicht bewegt werden kann, wenn nicht die Zunge fest anliegt, erhält seinen besonderen Stellhebel nebst Stangenleitung; nur dann, wenn die Weiche richtig gestellt und der Bolzen zur Wirkung gekommen ist, kann der Signalhebel bewegt, also das Fahrsignal gegeben werden. — Man hält bei Beobachtung dieser Vorsichts-Maassregeln eine spitz befahrene Weiche für weniger betriebsgefährlich, als das Zurücksetzen der Züge, namentlich auf frequenten Bahnhöfen, wo unter allen Umständen grosser Werth darauf zu legen ist, dass die Hauptgleise so viel als möglich frei bleiben.

5. Die Signal- und Weichenhebel sollen in einer erhöhten, mit verglasten Seitenwänden versehenen Bude konzentrirt sein. Die Einrichtung soll so getroffen werden, dass die Weichenzungen frei bewegt werden können, während die Signale auf „Halt" stehen; — dass der Signalwärter nicht im Stande ist, das Fahrsignal für einen Zug zu geben, bevor er die Weichen für denselben richtig gestellt hat; — dass es ihm unmöglich ist, zu gleicher Zeit irgend zwei Signale zu geben, welche einen Zusammenstoss zweier Züge herbei führen können, und dass er, nachdem für einen ankommenden Zug das Fahrsignal gegeben, nicht im Stande ist, die Weichen wieder umzustellen.

6. Die Verbindungsstellen zwischen Personen- und Nebengleisen sollen durch ein Lokal- und ein Distanz-Signal nach jeder Richtung gedeckt sein. Die Nebengleise sollen so angeordnet sein, dass das Rangiren auf denselben die Personengleise so wenig wie möglich berührt; es soll ferner ein todter Strang angelegt werden (*a* Fig. 781) und die Verbindungs-Weiche desselben gegen die Personengleise geschlossen gehalten und mit den Signalen in gegenseitigen Kontrol-Verschluss gebracht sein. Der in den Nebengleisen haltende Zug ist dadurch absolut verhindert, ohne Einwilligung des Signalwärters in das Hauptgleis zu gelangen.

a.

Fig. 781.

7. Wenn eine Abzweigung in der Nähe einer Pers.-Station liegt oder mit Gütergleisen in Verbindung steht, sollen die Perrons und Nebengleise derart angeordnet sein, dass das Rangiren über die Abzweigung hinaus so viel als möglich vermieden wird.

8. Wo zwei eingleisige Bahnen zusammen treffen, soll die Verbindung in den gewöhnlichen Fällen so hergestellt werden, als ob die Bahnen 2gleisig wären (Fig. 782).

Fig. 782.

Eine solche Abzweigung, wenn auf freier Bahn gelegen, bildet zwar keine eigentliche Station, aber es können dort Züge überholt werden, kreuzen oder auch Wagen austauschen. Diese Anordnung gilt für betriebssicherer, als die einfache Abzweigung.

9. Die zu den Perrons führenden Gleise sollen so angeordnet sein, dass sich die Lokomotive sowohl bei der Anfahrt als Abfahrt stets an der Spitze des Zuges befindet. Jedes Personengleis soll seinen eigenen Perron haben.

10. Die Perrons sollen keine Unterbrechungen haben, mindestens 1,83 m (6′), bei frequenten Stationen mindestens 3,66 m (12′) breit und an den Enden nicht mit Treppen, sondern mit Rampen versehen sein. Pfeiler oder Säulen sollen dem Rande der Perrons nicht näher kommen als 1,83 m (6′). Als wünschenswerth wird eine Höhe der Perrons von 0,763 m (2′ 6″) bezeichnet; die geringste Höhe soll 0,534 m (1′ 9″) betragen.

11. Brücken und Viadukte sollen mit Brüstungen versehen sein.

12. Die Neigung der Bahnhöfe soll ohne zwingende Gründe nicht stärker als 1:260 sein. Kann diese Minimal-Neigung nicht eingehalten werden, so soll, wenn Gefahr durch weglaufende Fahrzeuge zu besorgen ist, am Ende des Bahnhofs ein todtes Gleis angelegt werden, welches die ablaufenden Wagen auffängt und dessen Weichenhebel so durch Gewichte belastet ist, dass sich die Weiche selbstthätig auf das todte Gleis einstellt.

13. Bei gusseisernen Brücken soll die Bruch-Belastung der Träger nicht geringer sein, als das 3fache Eigengewicht der Konstruktion zuzüglich dem Sechsfachen der grössten mobilen Belastung.

14. Bei schmiedeisernen Brücken soll die grösste mobile Belastung zuzüglich dem Eigengewicht der Konstruktion keine grössere Beanspruchung des Materials hervor bringen, als 785 kg pro qm (5 t pro □″). Diese Vorschrift bezieht sich auf Haupt- und Querträger; letztere sollen für die grösste vorkommende Achs-Belastung berechnet werden.

15. Keine festen Gegenstände, ausgenommen die Perrons, sollen den Seiten der breitesten auf der Bahn kursirenden Wagen näher kommen als 0,71 m (2′ 4″), gemessen zwischen einer Höhe von 0,76 m (2′ 6″) über S.-O. und dem obersten Theil der höchsten Wagenthüren. — Diese Bestimmung gilt ohne Rücksicht auf die Spurweite der Bahn.

16. Der Zwischenraum zwischen den benachbarten Schienensträngen soll nicht weniger als 1,83 m (6′) betragen. Darnach ist die Minimal-Entfernung zweier Gleise von M. z. M. = 3,385 m (11′ 1″). —

Da die vorstehend auszüglich mitgetheilten Vorschriften erst im November 1874 erlassen worden sind, so kann von einer gleichmässigen Durchführung derselben auf den sämmtlichen englischen Eisenbahnen natürlich keine Rede sein, und dieses um so weniger, als dem Handelsamt keinerlei gesetzliche Machtbefugniss zusteht, die Erfüllung der Vorschriften auf den bereits im Betriebe befindlichen Bahnen nachträglich zu erzwingen. Bei neu zu eröffnenden Bahnen werden die Bestimmungen jedoch streng durchgeführt und gewinnen auch bei den älteren Bahnen mehr und mehr Boden.

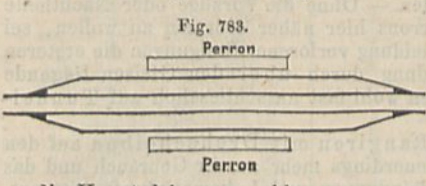
Ganz dasselbe gilt von den vom Handelsamte aufgestellten Vorschriften für den Betrieb eingleisiger Bahnen. Das Wesentliche dieser Vorschriften besteht darin, dass bei allen eingleisigen Bahnen, zu deren Betrieb mehr als eine Lokomotive dient, das Zugstab-System, verbunden mit dem absoluten Block-Telegraphen-System zur Anwendung kommen muss. (Näheres über das Zugstab-System s. S. 396.) —

Personen-Bahnhöfe.

Die Anordnung der Personen-Bahnhöfe auf Zwischen-Stationen ist im allgemeinen derartig, dass für jede Fahr-Richtung gesonderte Perrons angeordnet sind, zwischen denen die beiden Hauptgleise liegen; ein Mittelperron zwischen den Hauptgleisen kommt seltener vor. Um bei 1gleisigen Bahnen ein Zusammenstossen zweier kreuzenden Züge zu verhindern, ist die Stellung der Einfahrts-Signale nicht nur von der der Weichen abhängig, sondern auch das gleichzeitige Geben der Fahrsignale für beide Richtungen unmöglich gemacht; erst wenn der eine Zug eingefahren und hinter ihm das Signal wieder auf „Halt“ gestellt ist, kann dem anderen Zuge die Einfahrt erlaubt werden.

Auf solchen Stationen, die von Schnellzügen durchfahren werden, findet man häufig die in Fig. 783 skizzirte Anordnung: die beiden Hauptgleise gehen durch und es sind zu beiden Seiten Ueberholungs-Gleise nebst Perrons angebracht. Die Ueberholungs-Gleise sind entweder beiderseitig oder, zur Vermeidung spitz befahrener Weichen, nur an einem Ende an die Hauptgleise angeschlossen.

Fig. 783.



Auf Trennungs-Bahnhöfen werden, wie in Deutschland, nach Bedürfniss Zungen-Perrons angelegt.

Kreuzen zwei durchgehende Bahnen, so geschieht dies in der Regel nicht im Niveau innerhalb des Bahnhofs, sondern ausserhalb desselben in verschiedenen Höhen. Die Lage des Empfangs-Gebäudes auf Inselperrons wird in solchen Fällen jedenfalls nur dann gewählt, wenn das Gebäude ohne Ueberschreitung von Gleisen von Fussgängern und Fuhrwerk zu erreichen ist. Ist dies nicht der Fall, so liegt das Empfangs-Gebäude meist zur Seite und es wird die Verbindung mit den verschiedenen Perrons durch Fussgänger-Brücken oder Tunnel hergestellt. Ausnahmsweise, namentlich auf älteren Stationen (vielfach z. B. auf der Midland-Bahn), müssen die Passagiere die Gleise im Niveau überschreiten. Häufig finden sich auf den Durchgangs-Stationen Empfangs-Gebäude auf beiden Seiten der Personengleise angeordnet, von denen das 2. nicht selten die Grösse und annähernde Einrichtung des ersten zeigt; in den meisten Fällen ist jedoch das 2. Empfangs-Gebäude in wesentlich geringerer Ausdehnung hergestellt. Kleinere Hülfs-Warteräume finden sich mehrfach auch auf grösseren Zwischen-Perrons zur Benutzung für bestimmte, von diesen Perrons ausgehende Routen. —

Für die End- und auch Kopf-Stationen kommen 2 verschiedene Anordnungen vor: Die Empfangs-Gebäude sind entweder parallel zu den Gleisen oder vor den Kopf derselben gestellt. Letztere Anordnung wird namentlich dann gewählt, wenn das Bedürfniss zur Anordnung einer grösseren Zahl von Perrons vorliegt, deren Zugänglichkeit von einem seitlich liegenden Empfangs-Gebäude aus in wenig bequemer Weise herzustellen sein würde. Zuweilen kommt auch eine Kombination beider Anordnungen vor (St. Pancras-Station der Midland-Bahn in London) und man hat dann wohl die Billet- und Warteräume in die von einem Lang- und einem Querbau gebildete Ecke gelegt. — Die Kopf-Perrons erhalten selbstverständlich eine sehr grosse Breite, um dem sich nach allen Richtungen kreuzenden Verkehr genügenden Raum zu bieten; die Zungen-Perrons dagegen haben meist nur eine Breite von 4—6 m. Die Anordnung von Kopf-Perrons erleichtert die Ueberwachung des Dienstes und die Billet-Kontrole, indem der Zugang vom Kopf-Perron nach den einzelnen Zungen-Perrons abgesperrt und daselbst die Koupirung oder Einsammlung der Billets vorgenommen werden kann. Die Abfertigung des Gepäcks geschieht häufig ebenfalls auf den Kopf-Perrons, zu welchem Zweck auf denselben, vor den Enden der Gleise liegend, kleine Büreaus erbaut sind. —

Die Perronhöhe ist auf den verschiedenen Bahnhöfen sehr wechselnd; sind auch die hohen Perrons (84 bis 91 cm über S.O.) die vorherrschenden, so finden sich doch mittelhohe (38—60 cm) vielfach vor und selbst die in Deutschland fast allgemein üblichen niedrigen Perrons (15 cm) werden bei untergeordneten Stationen zuweilen ebenfalls

angetroffen. Da Gleichmässigkeit in dieser Hinsicht erwünscht ist, so hat das Handelsamt neuerdings die allgemeine Einführung einer Perronhöhe von 76 cm empfohlen. — Ohne die Vorzüge oder Nachtheile der hohen und niedrigen Perrons hier näher erörtern zu wollen, sei nur angeführt, dass zur Vermeidung verlorener Steigungen die ersteren auf eine gegenseitige Verbindung durch über den Gleisen liegende Treppen, die letzteren dagegen wohl fast ausschliesslich auf Tunnel-Verbindung hinweisen. —

Das früher sehr beliebte Rangiren mit Drehscheiben auf den Personen-Stationen kommt neuerdings mehr ausser Gebrauch und das Rangiren durch Weichen-Verbindungen und Lokomotivkraft tritt entschieden in den Vordergrund. Schiebebühnen zieht man innerhalb der Perrons den Drehscheiben vor und bringt dieselben für die Zeiten des Stillstandes unter den Perrons unter. In gleicher Weise werden Gleis-Brücken unter den Perrons geborgen, welche dazu dienen, bei vorhandenen hohen Perrons eine temporäre Verbindung über die Gleise hinweg nach den Mittel-Perrons zu schaffen. —

Fig. 784. (Grundriss)

Fig. 785. (Querschnitt)

Bei den grösseren Kopfstationen liegt innerhalb der gedeckten Halle, und wenn möglich zwischen 2 Ankunfts-Perrons, eine Droschken-Fahrstrasse mit Sonderung von Ein- und Ausfahrt. Die Aufstellung der Droschken unmittelbar neben den Perrons erleichtert die bequeme und rasche Abfertigung der angekommenen Reisenden. —

Bei Stationen mit lebhaftem Verkehr ist fast immer für eine grössere Anzahl von Billetschaltern gesorgt, bei denen fast allgemein die Trennung nach Klassen durchgeführt ist. Die Billeturen sind in der Regel als kleinere, an 3 Seiten frei stehende Holz-Bauten in einen grösseren Raum gestellt (Fig. 784 u. 785). —

Die Wartesäle sind im Vergleich zu denen auf deutschen Bahnen klein und sehr einfach ausgestattet. Das Publikum hält sich aber auch fast gar nicht in denselben auf, sondern geht sofort nach dem Lösen der Billets auf den Perron oder zu dem bereit stehenden Zuge. — Restaurationen findet man, ausser auf den Hauptbahnhöfen Londons, im allgemeinen nur auf den wichtigeren Anhaltepunkten der Schnellzüge, wo den Passagieren hinreichende Zeit gelassen ist, eine Mahlzeit einzunehmen. —

Bedeckte Perrons oder mind. eine kleine Schutzhalle haben auch die unbedeuteren Stationen. Bei den grossen Bahnhöfen hat man theils weit gespannte Hallen-Konstruktionen angewendet, theils auch die zu überspannende Weite durch Säulenstellungen getheilt. Die letzteren hält man jedoch für störend und in gewissem Grade auch betriebsgefährlich; man hat deshalb in neuerer Zeit grosse Weiten ohne Anwendung von Zwischenstützen überdeckt. Eine der grossartigsten Ausführungen dieser Art bildet das Hallendach der St. Pancras-Station zu London, welches eine Weite von 73,2 m ohne Zwischenstützen mit Bogenträgern überspannt, die unmittelbar von Perronhöhe aufsteigen. —

In den nachfolgenden Skizzen sollen einige Beispiele englischer Durchgangs- und Kopf-Stationen näher angegeben werden.

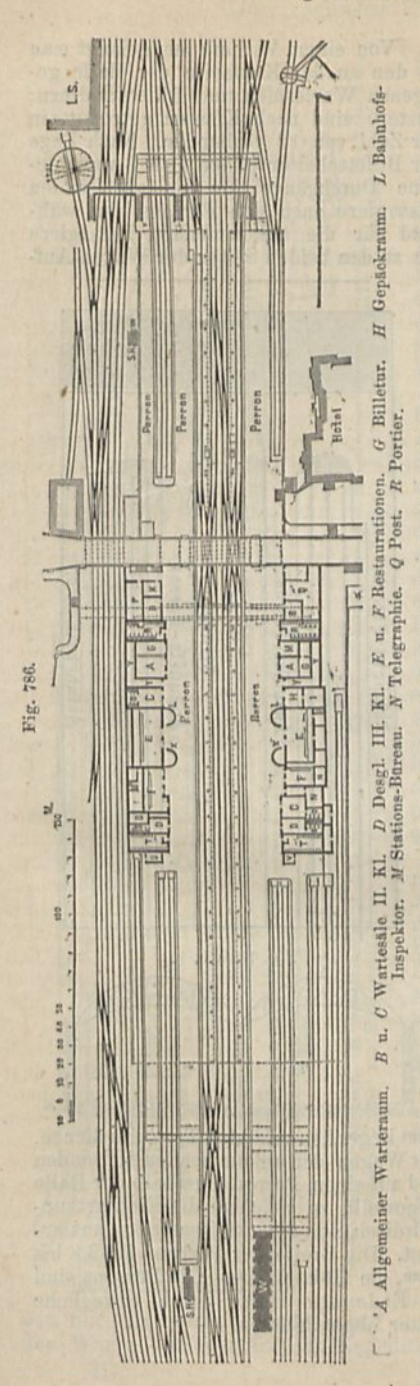


Fig. 786.

A Allgemeiner Warteraum. *B* u. *C* Wartesäle II. Kl. *D* Desgl. III. Kl. *E* u. *F* Restaurationen. *G* Billetur. *H* Gepäckraum. *L* Bahnhofs-Inspektor. *M* Stations-Büreau. *N* Telegraphie. *Q* Post. *R* Portier.

Eine der bekanntesten grösseren Durchgangs-Stationen ist die zu Crewe (Fig. 786). Zu beiden Seiten der 4 durchgehenden Hauptgleise liegen Haupt-Perrons, auf denen sich je ein Empfangs-Gebäude befindet. Die beiden Empfangs-Gebäude gleichen sich in der inneren Einrichtung fast genau; jedes ist also mit besonderen Billet-, Warte- und Betriebsräumen versehen. Nach 4 Richtungen hin erstrecken sich symmetrisch Zungen-Perrons, von denen aus die Lokalgleise, deren Zahl gerade in Crewe eine besonders grosse ist, erreicht werden. Zur Verbindung der beiden Hauptperrons dient ein Tunnel, dessen Eingänge als Rampen ausgebildet sind, was bezüglich der Gepäck-Beförderung allerdings vortheilhaft ist.

Ganz ähnlich wie in Crewe ist auch die Bahnhofs-Anordnung in Stafford. Auch auf den Stationen der Midland-Bahn findet sich das Schema von Crewe in vielfacher Wiederholung; die vorkommenden Varianten entstehen dadurch, dass mehrfach das 2. Empfangs-Gebäude in seinen Dimensionen wesentlich verringert und statt der Tunnel Fussbrücken über den Gleisen angeordnet sind. Wo derartige Passagen bestehen, sind meist Wärter angestellt, welche den Zügen mittels Fahnen das Zeichen zum Passiren geben, während sie das Publikum durch Winken mit der Hand zurück halten. —

Unter den Kopfstationen sei zunächst die Cannon-Street-Station der South-Eastern-Eisenbahn zu London erwähnt. Diese Station — sowie auch die ganz ähnlich gebaute Charing-Cross-Station derselben Bahn — liegen hart an der Themse, sind auf Viadukten etc. errichtet und an den Enden durch Hotels abgeschlossen. Bei Cannon-Street-Station ist die Anordnung die in Fig. 787 skizzirte.

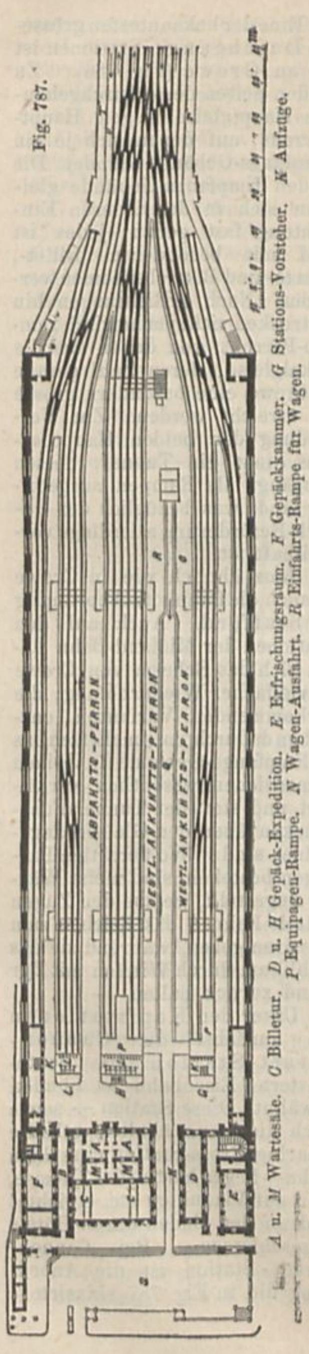


Fig. 787.

A u. *M* Wartesäle. *C* Billetur. *D* u. *H* Gepäck-Expedition. *E* Erfrischungsraum. *F* Gepäckkammer. *G* Stations-Vorsteher. *K* Aufzüge. *P* Equipagen-Rampe. *N* Wagen-Ausfahrt. *R* Einfahrts-Rampe für Wagen.

Von einem Vorhofe aus gelangt man zu den an der Kopfseite der Halle gelegenen Wartesälen und Billetschaltern; letztere sind nach Klassen getrennt, in der Zahl von 12 vorhanden. Nach Lage der Billetschalter bilden sich 3 verschiedene Durchgänge für die abreisenden Passagiere nach den Perrons hin, während für die ankommenden Passagiere die zu den beiden Seiten der Wagen-Auf-

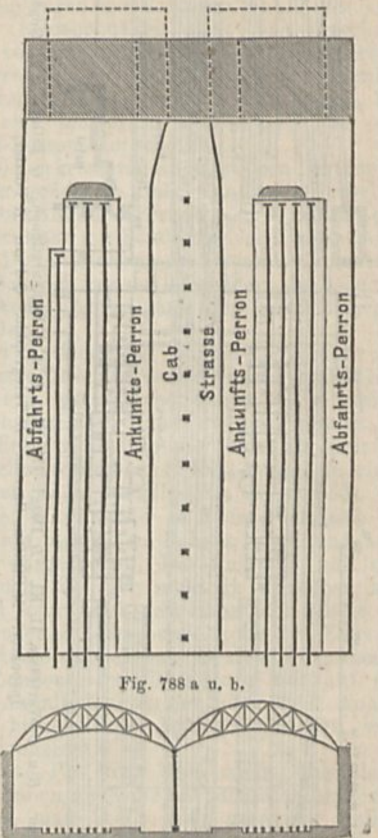


Fig. 788 a u. b.

fahrt liegenden erhöhten Trottoirs dienen. Die Wagen der ankommenden Reisenden sind auf einem Perron innerhalb der Halle aufgestellt, zu welchem die Einfahrt unterirdisch von einer Seitenstrasse aus erfolgt. Die Breite der Perrons ist 3,8 bis 5,8^{m}, die Höhe 0,94^{m}. Die Perrons sind am Ende der Gleise durch bewegliche Gitter abgeschlossen. —

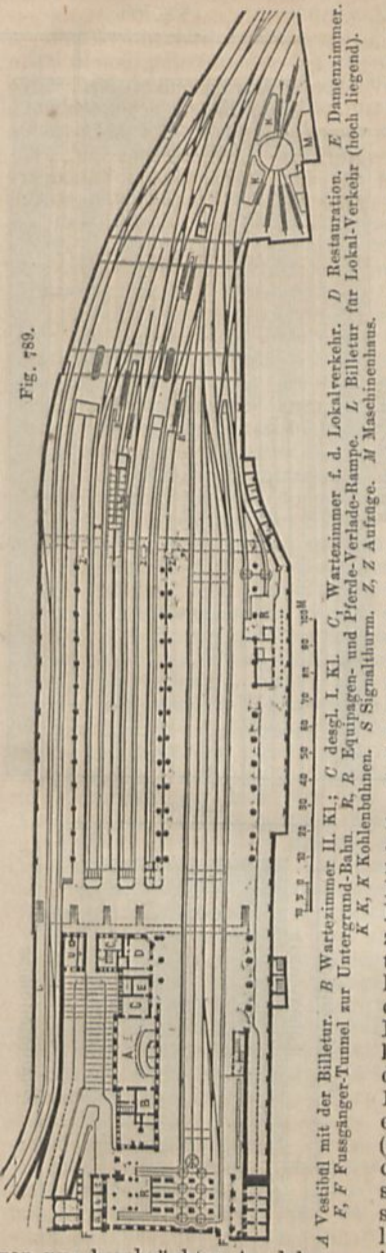


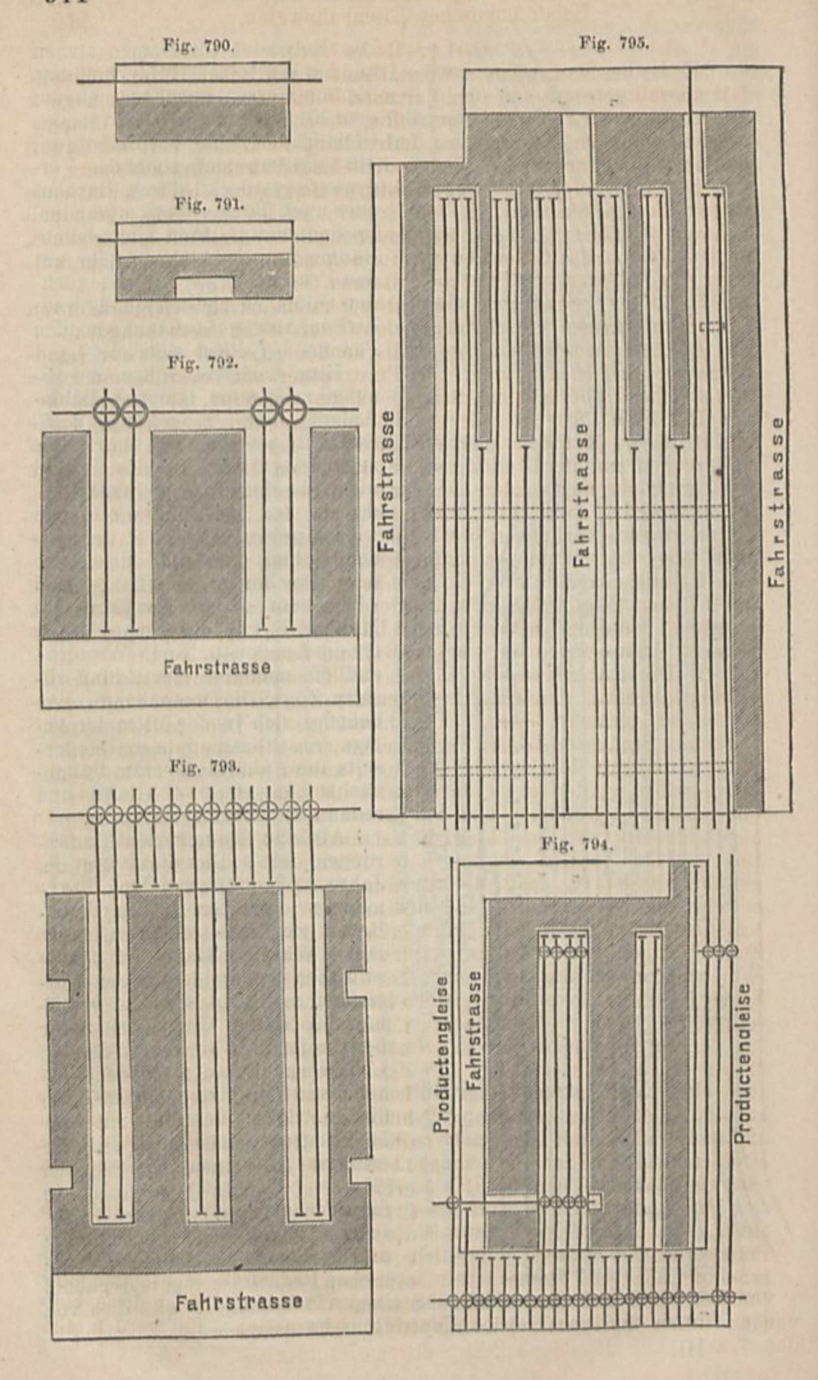
Fig. 789.

A Vestibül mit der Billetur. *B* Wartezimmer II. Kl.; *C* desgl. I. Kl. *C*₁ Wartezimmer f. d. Lokalverkehr. *D* Restauration. *E* Damenzimmer. *F, F* Fussgänger-Tunnel zur Untergrund-Bahn. *R, R* Equipagen- und Pferde-Verlade-Rampe. *L* Billetur für Lokal-Verkehr (hoch liegend). *K K, K* Kohlenbühnen. *S* Signalthurm. *Z, Z* Aufzüge. *M* Maschinenhaus.

Die Retiraden für Damen stehen mit den Wartesälen in Verbindung, die für Herren befinden sich auf dem Kopf-Perron, in den vor den Gleis-Enden liegenden Einbauten; die letzteren sind nach der Vorderseite verdeckt durch Büreaus oder auch Bücher-Verkaufsbuden. Im Souterrain liegen ausgedehnte Räume für die Annahme der mit den Personenzügen zu versendenden Güter, welche mittels hydraulischer Aufzüge auf und von den Perrons befördert werden. —

Eine äusserst klare Anordnung zeigt die Doppel-Hallen-Anlage der London-Road-Station zu Manchester. Die zugehörigen Fig. 788 a u. b sind nicht als Massskizzen aufzufassen, da sie nur das System genau wieder geben. Die linke der beiden Hallen dient für die Züge der Manchester-Sheffield- und Lincolnshire-, Great-Northern- und Midland-Bahn; die rechte Halle für die London- u. North-Western-, endlich noch die North-Staffordshire-Züge. Die Droschken-Strasse befindet sich in der Mitte der Anlage; anschliessend liegen beiderseits die Ankunfts-Perrons. Demnächst folgen je 4 Gleise und sodann die Abfahrts-Perrons. —

Als eine der neuesten Ausführungen ist schliesslich der im Jahre 1875 eröffnete City-Terminus der Great-Eastern-Bahn zu London anzuführen. Die 4 schiffige Halle ist 92,7 m zwischen den beiderseitigen Futtermauern breit. Die Station enthält 12 Gleise, von denen 5 für den Durchgangs-Verkehr, 5 für den Lokalverkehr und 2 für den Verkehr mit der Metropolitan-Bahn dienen. Das Vestibül mit der 11 Schalter umfassenden Billetur erinnert in seinen Dimensionen (27,43 m × 15,24 m) durchaus an die Verhältnisse grosser deutscher Bahnhöfe, während die sonstigen Verkehrsräume, den englischen Bedürfnissen entsprechend, von nur beschränkter Ausdehnung sind. Insbesondere gilt dies von den Warte- und den Gepäck-Expeditions-Räumen. —


Fig. 790.
Fig. 791.
Fig. 792.
Fahrstrasse
Fig. 793.
Fahrstrasse
Fig. 795.
Fahrstrasse
Fahrstrasse
Fahrstrasse
Fig. 794.
Productengleise
Fahrstrasse
Productengleise

Güter-Bahnhöfe.

Es ist bereits erwähnt worden, dass die englischen Güter-Bahnhöfe fast überall getrennt von den Personen-Bahnhöfen angeordnet werden. Die Anlage wird stets so getroffen, dass auch das ganze Rangirgeschäft von den Hauptgleisen fern bleibt und eine Verbindung mit den letzteren nur an den Enden der Güter-Bahnhöfe stattfindet.

Die Anordnung der Güterschuppen auf ganz kleinen Stationen entspricht den Skizzen Fig. 790 u. 791; es ist ein Gleis durch den Schuppen geführt und, zur Erleichterung des direkten Ueberladens, in dem Perron des Güterschuppens ein Ausschnitt angebracht, in welchen die Fuhrwerke rückwärts einsetzen. —

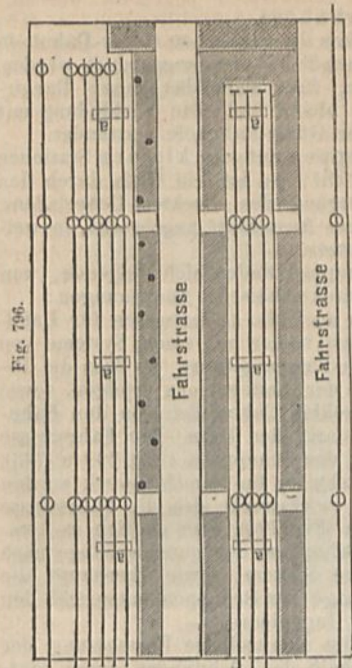
Bei allen grösseren Güterschuppen finden sich folgende, von deutschen Anlagen verschiedene, charakteristische Anordnungen:

1. Die Ladegleise sowohl, als auch die Ladestrassen für Landfuhrwerk sind in das Innere des (fast immer mit einem Systeme von Satteldächern überdeckten) Schuppen-Raums geführt, so dass die Be- und Entladung frei an jeder Stelle der Ladeperrons erfolgen, sowie mit Hilfe von Krahnen auch ein direktes Ueberladen von den Bahn-Fahrzeugen auf die Landfuhrwerke stattfinden kann. Die Fahrstrasse liegt entweder nur an der Kopfseite des Schuppens (Fig. 792 u. 793), wobei zuweilen noch besondere Ausschnitte für Landfuhrwerk an den Seiten-Perrons vorhanden sind, oder es erstreckt sich die Fahrstrasse auch längs der Seiten des Schuppens (Fig. 794), oder endlich es kommen Parallel-Strassen vor, die den Schuppen der ganzen Länge nach durchziehen (Fig. 795). Das letztere System, sowie überhaupt die möglichst freie und übersichtliche Lage der Schuppen entspricht den neueren Auffassungen der englischen Ingenieure. —

2. Die Rangirgleise bilden die unmittelbare Fortsetzung der Schuppen-Gleise, deren Zahl ausserhalb des Schuppens event. entsprechend vermehrt wird. Die meist seitlich der Güterschuppen liegenden Produkten-Gleise werden dabei wie die Schuppen-Gleise verlängert und mit dem System der Rangirgleise vereinigt. Die Rangirgleise selbst werden meist durch einige Reihen von Drehscheiben mit einander verbunden und an ihrem Ende durch Weichenstrassen abgeschlossen, so dass hier die schliessliche Rangirarbeit mittels Lokomotiven bewirkt werden kann (Fig. 799). Das Verfahren ist gewöhnlich derart, dass die aus dem Schuppen kommenden Wagen mittels der Drehscheiben auf dem Raume zwischen beiden Drehscheiben-Reihen nach Zugrichtungen geordnet, die den betreffenden Zugrichtungen sonst noch beizustellenden Wagen alsdann mittels der Weichenstrassen einrangirt und so die Züge kompletirt werden. — Schiebebühnen in Rangirgleisen kommen selten oder gar nicht vor, während sie sich in den Schuppen mehrfach finden (Fig. 795). —

3. Zur Ausführung der Rangirarbeit im Innern des Schuppens dienen meist Drehscheiben; zuweilen Schiebebühnen, mitunter findet auch eine Kombination beider Hülfsmittel statt (Fig. 796). Neuerdings hat man jedoch, da bei entsprechender Anordnung der Gleis-Anlagen die Rangirarbeit mit Lokomotiven am billigsten ausfällt, ganz ohne Drehscheiben und Schiebe bühnen konstruirt, bezw. die vorhandenen nachträglich entfernt (Fig. 797 u. 798). —

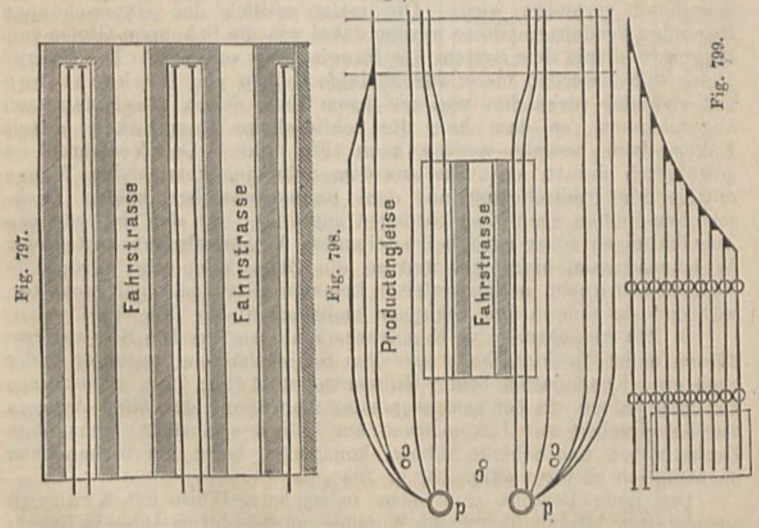
Die Lade-Perrons sind meist in reichster Weise mit Krahnen ausgestattet; oftmals finden sich Aufzüge, mittels deren Güter in Lagerräume gehoben werden. Bei den älteren Anlagen geschieht die gesammte Lade- und Rangirarbeit im Schuppen durch Menschen- oder Pferdekräfte. Bei den neueren Schuppen-Anlagen erfolgt diese vielfach durch hydraulischen Betrieb (Newcastle). Es werden als-



dann Krahne, Aufzüge und Drehscheiben hydraulisch bewegt, letztere mittels sogen. Capstans (rotirender Winden). Bei der Güter-Station der Lancashire-Yorkshire Bahn zu Manchester hat man, abweichend hiervon, alle gedachten Bewegungen mittels Wellenleitungen direkt durch Dampf bewirkt. —

4. In London hat man bei beschränkten Raumverhältnissen mehrfach die Ladegleise von den Rangir- und Abfahrts-Gleisen gesondert in 2 Etagen über einander angebracht (Broad-Street-Station) und die Wagen einzeln auf grossen Plattformen auf und nieder bewegt. Die mit diesen Einrichtungen gemachten Erfahrungen sind jedoch bezüglich des Kostenpunktes sehr ungünstig ausgefallen, so dass jetzt von maassgebenden englischen Betriebs-Beamten dringend von derartigen Anordnungen abgerathen wird. —

5. Im Betriebe in den Güterschuppen wird auf die räumliche Trennung ankommender und abgehender Güter im allgem. weniger Werth gelegt, als auf die Trennung nach Zeit.



Namentlich in London ist diese Zeit-Trennung strenge durchgeführt. Von Mittags 12 Uhr bis Mitternacht werden die abgehenden Güter angenommen, verladen und versandt, während in den frühen Morgenstunden die von auswärts kommenden Züge einlaufen und im Laufe

des Vormittags die Güter den Adressaten zugestellt werden. Dabei ist das ganze Rollfuhrwesen fast ausschliesslich in den Händen der Bahn-Verwaltungen konzentrirt, jedoch ohne dass dem Publikum die eigene An- und Abfuhr verweigert ist; thatsächlich werden auch durch Spediteure vielfach Sammelstellen gehalten, ohne dass erstere mit den Eisenbahn-Verwaltungen in einem kontraktlichen Verhältnisse stehen. —

Rangirbahnhöfe.

Die Rangirbahnhöfe werden neuerdings immer **seitwärts** von den Hauptgleisen angelegt. Die letzteren dürfen nie zu Rangirzwecken benutzt werden. Als bewegende Kraft beim Rangiren dienen Dampf-, hydraulische Maschinen, Pferde oder die Schwerkraft bei Ablaufgleisen.

Als Beispiel eines derartigen neueren Systems sei nebenstehend das Schema des Rangirbahnhofs Newport am Flusse Tee, welches nahezu übereinstimmend mit demjenigen des Rangir-Bahnhofs Edgehill bei Liverpool ist, mitgetheilt. Die Rangirung findet wie folgt statt:

Die Züge verlassen das Fahrgleis bei *P* und kommen auf eines der 4 Empfangs-Gleise bei *Q* (Steigung 1 : 80); hier wird die Maschine abgehängt und geht auf dem Gleise *R* ab. Eine Rangirmaschine schiebt den Zug durch *T* nach *V* (Steigung 1 : 60); die Rangirmaschine geht durch *M* zurück. Der Zug wird auf dem Vertheilungsgleise *W* (Fig. 800) aufgelöst, und die Wagen laufen in die Vertheilungsgleise *X* ein, in denen sie sich nach Distrikten, bezw. Routen ordnen. In den Gleisen *Y* werden sie weiter nach Stationen rangirt.

Handelt es sich lediglich darum, einen im Vertheilungsgleise *W* stehenden Zug nach Routen und Stationen zu rangiren, ohne dass in den Rangir-Gruppen *X*-*X* noch andere Kurswagen zugeführt werden, so kann das Rangir-Verfahren derart abgekürzt werden, dass die Wagen bereits in ihrer natürlichen Reihenfolge in die 2. Gruppe einlaufen und von hier aus gruppenweise dem Aufstellgleise zugeführt werden.

Fig. 800.

Als Beispiel sei ein Zug von 25 Wagen angenommen, welche vollständig unrangirt im Gleise *W* stehen; nach der Rangirung sollen die Wagen die Stellung 1. 2. 3. 4. 5. 6 etc. bis 25 haben. Man lässt, da die Gruppe *X* 5 Vertheilungs-Gleise hat, in das obere die Wagen 1. 6. 11. 16. 21 in der Weise bunt einlaufen, wie es die Aufeinanderfolge der unrangirten Wagen ergiebt; in das 2. Gleis ebenso die Wagen 2. 7. 12. 17. 22 u. s. f. Hiernach kann aus den 5 Gleisen der Gruppe *X* direkt das Ablaufen in die 5 Gleise der Rangir-Gruppe *Y* so stattfinden, dass die Wagen in der Reihenfolge von 1—25 hinter einander folgend geordnet sind. —

2. Strassenbahnen (Tramways).

Litteratur: Handbuch für spezielle Eisenbahn-Technik Bd. V. *Nouv. ann. de la constr.*, Allgem. Polytechn. Zeitung u. a.

Strassenbahnen sind in amerikanischen Städten seit etwa 20 Jahren und fast ebenso lange in England bekannt; in Deutschland (Berlin)

sind dieselben 1863 (durch Moller) eingeführt worden. Sie dienen bis jetzt fast ausschliesslich für Personen-Verkehr und nur in vereinzelten Fällen gleichzeitig auch dem Güter-Verkehr. —

Oberbau.

Die Spurweite stimmt meist überein mit der bei Eisenbahnen gebräuchlichen von 1,435ᵐ; ein geringeres Maass ist ungünstig, weil dabei die Zugthiere event. genöthigt sein würden, auf den Schienen zu laufen. — Der Gleis-Abstand (v. M. z. M.) wechselt von 2,3 bis 2,8ᵐ. Ersteres Maass lässt, bei dem Breiten-Maass der Wagen von 2,0ᵐ, nur einen freien Zwischenraum von 0,30ᵐ zwischen 2 passirenden Wagen, welcher ungenügend ist, während das Maass von 2,80ᵐ unnöthig gross ist. Ein Gleis-Abstand von 2,6—2,7ᵐ, bei welcher der freie Zwischenraum 0,6—0,7ᵐ beträgt, genügt allen betr. Erfordernissen.

Das grösste Strassen-Fuhrwerk ist im allgem. nur 1,8—1,9ᵐ breit, so dass zum Passiren oder Halten desselben neben einen Wagen der Strassenbahn eine Breite von 2,3ᵐ zureicht. Es ergiebt sich nach diesen Zahlen als Minimal-Maass der Breite einer Strasse, in welcher 2 Gleise in der Mitte anzuordnen sind zu: $2 \cdot 2{,}3 + 2 \cdot 2{,}0 + 0{,}6 = 9{,}2^m$, und bei Lage der Gleise an einer Seite der Strasse $2{,}3 + 2 \cdot 2{,}0 + + 0{,}6 = 6{,}9$, rot 7ᵐ. Lokale Abweichungen der Gleislage in Bezug auf die Strassen-Begrenzung von den vorstehenden Zahlen-Angaben machen sich für enge Kurven an Strassen-Ecken erforderlich.

Selten nur werden die sogen. Normal-Kurven ausführbar sein, welche die Bedingung erfüllen, dass die Räder ohne Gleiten die Kurve durchlaufen. Ist R der Halbmesser und bezeichnen: s die Spurweite, d den Durchm. des gewöhnlichen (nicht konisch gestalteten) Laufringes und f den Vorsprung der Radflanschen gegen den Laufring, so gilt für die Normal-Kurve die Bedingung: $R = \frac{s}{2}\left(\frac{2\,d}{f} + 1\right)$. Sehr allgem. üblich sind folgende Werthe: $d = 0{,}85^m$, $f = 12{,}5^{mm}$, wofür die Gleichg. ergiebt $R = 49{,}7$ rot 50^m. Müssen bei gleich bleibenden Werthen von f, d, s, zahlreiche Kurven ausgeführt werden, welche beträchtlich kleiner als die Normal-Kurve sind, so ist man genöthigt, statt der Achsen mit festen Rädern, Achsen mit einem losen Rade zu benutzen; doch werden mit festen Rädern vielfach Kurven von 20 und selbst 15ᵐ Radius durchfahren. — Mit Rücksicht auf die Zentrifugalkraft führt man eine Ueberhöhung der äussern Schiene durch, welche etwa beträgt für den:

Rad. 60ᵐ — 20ᵐᵐ	Rad. 40ᵐ — 30ᵐᵐ	Rad. 20ᵐ — 50ᵐᵐ
„ 50 „ — 20 „	„ 30 „ — 40 „	„ 15 „ — 60 „

Bei der äussern Schiene fällt die Spurrille fort, während bei der innern Schiene eine Erweiterung der Spurrille vorgenommen wird, zu solchem Betrage, dass die Spurrillen-Breite, von 32ᵐᵐ bei 50ᵐ Radius, auf 36ᵐᵐ bei 15ᵐ Radius, sich vermehrt. Den Uebergang von der Rillenschiene der geraden Strecke in die Flachschiene der Kurve bewirkt man in dem Falle, dass die Kurven-Flachschiene aus Gusseisen besteht durch Einlegen eines etwa 0,5ᵐ langen Auflauf-Stücks in die Schienenrille, und in dem andern Falle, dass die Kurvenschienen aus Schmiedeisen hergestellt sind durch Ausmeisseln des Auflaufs aus der Kurvenschiene selbst. —

Steigungen bis etwa 30 ‰ sind, wenn nicht auf langen Strecken vorkommend, noch ohne Vorspann befahrbar. —

Schienenprofile. Verschiedenheiten finden darnach statt, ob a. die Bahn ausschliesslich oder nicht ausschliesslich für die Wagen der

Pferdebahn dient, und ob b. ein Verlassen der Schienen an jeder Stelle des Gleises möglich ist oder nicht. Alsdann sind noch Beschaffenheit der Strassen-Befestigung und deren Unterlage mitwirkend.

Anforderungen, welche man allgemein an ein Schienenprofil stellen muss, sind folgende: a. der Druck der Wagenräder soll möglichst in die Mittellinie der Schienen fallen; b. die Vertheilung des Materials im Profil muss mit Rücksicht auf grösstmöglichste Widerstandsfähigkeit erfolgen; c. die Befestigungsmittel der Schienen (Kleineisenzeug) dürfen nicht in Berührung mit den Wagenrädern treten; d. die Schiene muss den Wagen sicher und ohne besondere Reibungs-Widerstände passiren lassen; sie darf das Festklemmen der Stollen der Pferde-Hufeisen nicht zulassen; muss leicht reinigungsfähig sein; ist ferner mit Rücksicht darauf einzurichten, dass nicht gewöhnliche Strassen-Fuhrwerke beim Kreuzen des Gleises heftige Stösse erleiden, bezw. heftig stossend auf die Schiene selbst wirken und muss endlich einen soliden Anschluss der Strassen-Befestigung gestatten.

Von den nebenstehend skizzirten Profilen Fig. 801—805 genügt 801 der Bedingung a und d, widerspricht aber b und c. Das Profil 802 genügt den Bed. a, b und c, ist aber ungünstig, weil leicht ein „Aufschneiden“ desselben der Rillenlänge nach vorkommt. Das Profil 803 entspricht in leidlicher Weise den Bed. a, b und d und widerspricht der Bed. c. Das Profil 804 genügt den Bed. a und b einigermaassen, widerspricht indessen c und d, während das Profil 805 (zum Passiren nicht nur der Bahnwagen, sondern auch gewöhnlicher Strassen-Fuhrwerke eingerichtet) fast keiner der unter a — d angeführten Bedingungen gerecht wird.

Fig. 801.

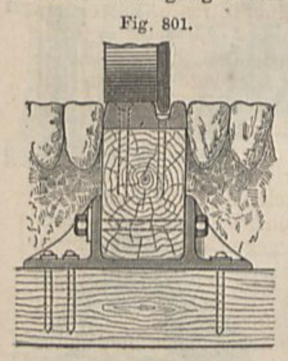


Fig. 802. Fig. 803.



Fig. 804. Fig. 805.

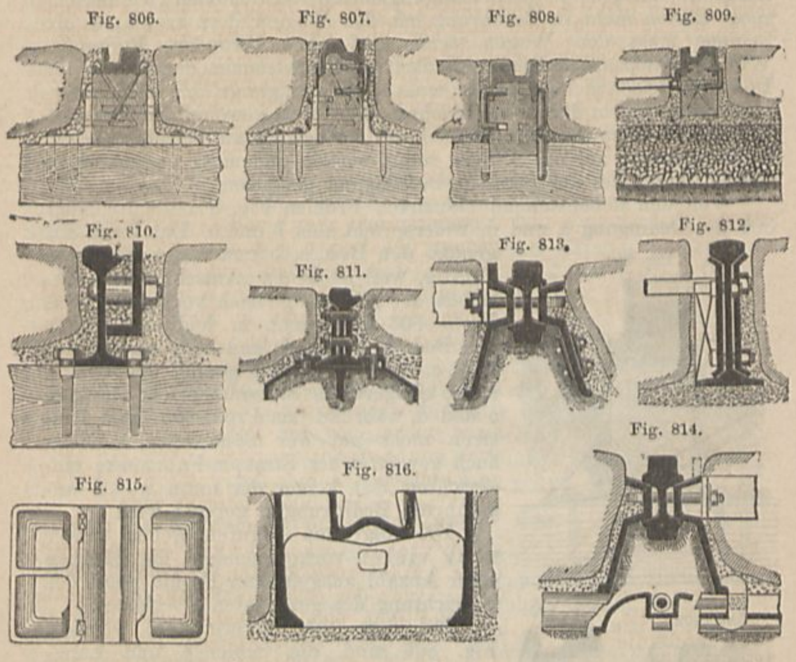
Die folgenden Figuren geben (unter sehr vielen vorkommenden) die Skizzen einer Anzahl ausgeführter Profile nebst der Einrichtung des gesammten Oberbaues.

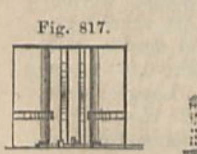
Bei dem (sehr verbreiteten) Oberbau Fig. 806 sind die Schienen und Langschwellen 6—9^{m} lang; die Stösse werden versetzt; der Schwellenstoss ist schräg gestaltet. Gusseiserne Winkel finden sich auf jeder Querschwelle (welche 0,9—1,14^{m} weit liegen). Stärke der Langschwelle 11 : 16^{cm}, der Querschwelle 12 : 15^{cm}; letztere sind 2^{m} lang. Das Schienen-Gewicht ist 19—20^{kg} pro ^{m}. —

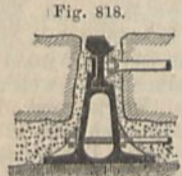
Die beiden Oberbau-Systeme, Fig. 807 und 808 stimmen mit dem vorigen prinzipiell überein; im Detail sind die Verbindungen zwischen Schiene und Langschwelle, sowie zwischen Lang- und Querschwelle geändert. Bei gleichem Gewicht der Schiene wie vor, ist ein beträchtlich grösseres Widersands-Moment als dort vorhanden. —

In dem System, Fig. 809, fehlen die Querschwellen die durch eiserne Querstangen vertreten werden, welche hochkantig gelegt sind. Die Anwendbarkeit des Systems setzt voraus, dass die Unterlage der Strasse eine sehr solide sei. Günstig ist das System durch den reduzirten Schwellen-Querschnitt und den sehr guten Anschluss, welchen das Strassenpflaster erhalten kann. —

In dem System, Fig. 810, bei welchem ausschliesslich Querschwellen verwendet werden, fehlt die geschlossene Rille; da die in der Figur angegebene, hochkantig gestellte Schiene lediglich in Kurven zur Anwendung kommt. — Aehnliche Einwände, wie gegen dieses Profil, finden (theilweise in verstärktem Maasse) Anwendung auf das System Fig. 811 mit sogen. Hilf'schen Oberbau, so wie weiter auf den Oberbau Fig. 812, welcher die sogen. Hartwich-Schiene verwendet.


Fig. 806. Fig. 807. Fig. 808. Fig. 809. Fig. 810. Fig. 811. Fig. 812. Fig. 813. Fig. 814. Fig. 815. Fig. 816.


Fig. 817.


Fig. 818.

Ungleich besser, namentlich in Bezug auf die Steifheit des Gestänges nach seitlicher Richtung, indess auch beträchtlich theurer, dürfte das System Fig. 813 und 814 (von Finet angegeben und bisher in Holland und Belgien angewendet) sich erweisen, bei welchem die Langschwelle 2 theilig und die Fahrschiene zum Umlegen eingerichtet ist; die Flachschiene in dem äussern Strange von Kurven wird dabei in sehr einfacher Weise durch Einlegen eines T Eisens an Stelle der gewöhnlichen Fahrschiene gebildet.

Von zahlreichen Modalitäten der Ausführung mit Einzel-Unterstützungen seien hier nur 2 angeführt: Das System Fig. 815 und 816 (Niemann-Geiger'sches) verwendet eiserne Kästen, welche unten und oben offen sind (je ca. 14 kg schwer), und ist für Einlegen einer sogen. Sattelschiene (Fig. 802) geeignet. Die Kästen sind sehr nahe — mit etwa 0,5 m Abstand von M. z. M. zu stellen, doch ist selbst dann noch bei schwerem Verkehr die Steifigkeit des Gestänges etwas mangelhaft. Das System Fig. 817 u. 818 (von Böttcher) hat Stühle, deren

Fussplatte so tief gerückt ist, um das Aufsetzen der Pflastersteine zu verhindern; die Fussplatten sind etwa 0,1 m gross. —

Für Strassenbahnen mit Befahrung durch Wagen, die an jeder Stelle das Gleis verlassen können, werden in der Regel die Wagenräder ohne Spurkranz hergestellt. Die Schienen erhalten eine geschlossene Rille, in welche zur Führung, wenn der Wagen sich auf dem Gleise bewegt, der Flansch-Vorsprung eines kleineren Rades eingreift, welches in einem Arm hängt, der um die Vorder-Achse des Wagens drehbar angebracht und zum leichten Anheben und Senken eingerichtet ist. Besondere Bedeutung ist weder dieser, noch einigen anderen Einrichtungen, die für den gleichen Zweck dienen, beizumessen; ihre Rolle ist aus ersichtlichen Gründen diejenige blosser Nothbehelfe.

Die Ausweich-Fähigkeit der Wagen lässt sich auch dadurch erreichen, dass die Vorder-Achse der Wagen drehbar eingerichtet und nur eins der Räder festaufgekeilt wird; diese Einrichtung führt dann zu der Nothwendigkeit, an den Endpunkten der Linie Wende-Vorrichtungen anzulegen. Dazu sind verschiedene Konstruktionen geeignet, u. z.:

Fig. 819.

Fig. 820.

Für Wagen mit losen Rädern u. drehbarer Vorder-Achse ist, wenn der für die Wende gebotene Raum aussergewöhnlich beschränkt ist und eine Drehscheibe nicht angeordnet werden soll:

a) die Drehscheibe, für jede Wagen-Einrichtung geeignet (Fig. 819), bestehend aus 3 Trägern, auf denen direkt die Schienen befestigt sind und zwischen welchen 4 Quer-Verbindungen liegen, deren äussere zum Anbringen kleiner Rollen dienen;

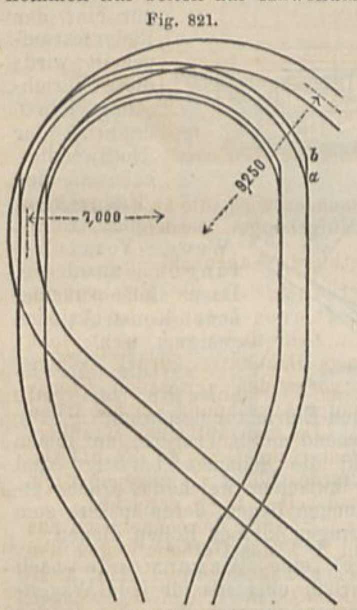
b) eine Wagenwende nach Fig. 820, ebenfalls für jede Wagen-Einrichtung verwendbar. Ein in der Linie *AB* ankommender Wagen wird durch Ueberführung in die Gabelung *ACB* bezw. *BCA* umgekehrt;

c) eine mehrfach in Paris zur Ausführung gekommene Einrichtung benutzbar, welche ohne vollständige Wiederkehr hergestellt, auch für Befahrung von Kurven mit ausnahmsweise geringem Radius sich eignet. Fig. 821 zeigt eine betr. Ausführung an der Place du Trône zu Paris. Vorder- und Hinter-Achse der Wagen bewegen sich auf besonderen Gleisen u. z. werden die Räder der Vorder-Achse auf den beiden Schienen des äusseren Gleises, die der Hinter-Achse auf den Schienen des inneren Gleises laufen. Die richtige Einstellung vollzieht sich am Eingang in die Kurve dadurch, dass die Länge zwischen Weichenspitze und demjenigen Punkt, wo die Vorder-Achse (durch den Kutscher) in eine schräge Richtung gebracht wird (*ab* der Figur), mit dem Achsstand der Wagen überein stimmt und am Punkte *b* eine Rillen-Erweiterung ange-

bracht ist, welche die Drehung des hier stehenden Vorderrades gestattet. Ist R der Radius des äusseren Gleises, l der Achsstand der Wagen, so ergiebt sich die Verschiebung x der Mittellinen des innern Gleises aus der Gl.: $x = R - \sqrt{R^2 - l^2}$. —

Weichen und Kreuzungen. Bedingungen für die Konstruktion dieser Theile sind, dass sie nicht über Strassenfläche vortreten, und Hohlräume unten oder neben den Weichen, Böcke oder andere künstliche Vorrichtungen nicht angewandt werden dürfen. Kreuzungen werden häufig durch einfaches Ausklinken der Schienen hergestellt; in anderen Fällen unterbleibt die Ausklinkung und wird der Wagen durch Einlegen kleiner Aufläufe in die Schienenrillen des kreuzenden Gleises über die Schienen des gekreuzten Gleises fort geführt. Besondere Gussstücke mit Durchführung der Rillen beider Gleise kommen nur selten zur Anwendung. — Bei den Weichen-Anlagen ist darnach zu streben, nur solche zu erhalten, welche immer in derselben Richtung befahren werden, wie dies bei 1gleisigen Bahnen (abgesehen von den Abzweigungen nach Bahnhöfen etc.) leicht zu erreichen ist. Derartige Weichen erhalten feste Zungen. Die äussere Kurvenschiene wird als Flachschiene ausgeführt und als solche etwas über den Tangentenpunkt hinaus verlängert; ebenfalls ist das Herzstück ohne Rille und ihm gegenüber erhalten die Führungsleisten der beiden Schienen zuweilen eine geringe Ueberhöhung. — Weichen, die sowohl zum Ein- als Ausfahren dienen, sind mit Beweglichkeit der vorkommenden einen Zunge herzustellen; hierin liegt der einzige Unterschied den dieselben gegen Weichen mit fester Zunge aufweisen. — Eine gewisse Erleichterung in der Bedienung kann man sich dadurch verschaffen, dass man die Zunge federnd ausführt; wobei dieselbe, sich selbst überlassen, die Weiche für die eine Fahr-Richtung beständig gesperrt hält. —

Fig. 821.



Die Entfernung, in welcher bei 1 gleisigen Bahnen die Ausweichstellen anzuordnen sind, richtet sich nach Fahr-Geschwindigkeit und den Fahrt-Intervallen; erstere beträgt innerhalb der Orte rot 3 m, ausserhalb derselben rot 3,5 m p. Sek. Ist beispielsw. das Fahrt-Intervall 300 Sek., so müssen Ausweichstellen innerhalb des Orts in Abständen von $\frac{1}{2} \cdot 300 \cdot 3 = 450$ m angeordnet werden. —

Strassen-Befestigung.

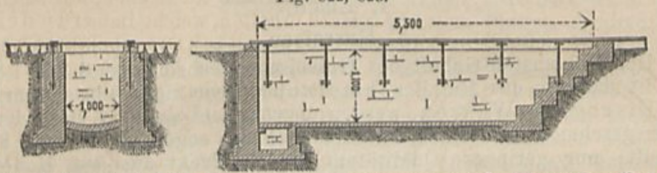
Bezüglich der Strassen-Befestigung insoweit dieselbe zu der Bahnanlage in nähere Beziehung tritt, ist Folgendes anzuführen: Makadamisirung ist nicht günstig theils wegen der Schwierigkeiten, welche der Makadam für Auswechslungen am Oberbau mit sich bringt, theils weil unmittelbar neben den Schienen leicht Vertiefungen sich bilden, theils endlich weil die Gleisrillen sehr dem Verschmutzen ausgesetzt sind. — Gleichartige Bedenken finden bei Kieswegen

und asphaltirten Strassen statt. — Am günstigsten ist Pflasterung aus genau bearbeiteten Steinen (sogen. Kopfsteinen), die auf möglichst fester Unterlage zu betten sind; besonders ist darauf zu sehen, dass die unmittelbar neben den Schienen oder über den Querschwellen stehenden Steine eine genügende Einbettungs-Tiefe erhalten und ferner sich nicht aufhängen oder kippen können. Die Steinreihen werden am besten normal auf die Axe des Gleises gesetzt; Saumreihen unmittelbar an, oder in geringer Entfernung von den Schienensträngen gestellt, geben zur Bildung von Absätzen im Pflaster Veranlassung und sind daher zu verwerfen. —

Reinigungsgrube in den Wagenschuppen.

Als Beispiel ist auf die Fig. 822, 823 zu verweisen, zu welchen nur zu bemerken sein dürfte, dass das Abheben der Wagenkasten

Fig. 822, 823.



gewöhnlich mittels Flaschenzüge vorgenommen wird, die an den Durchzügen der offen liegenden Dachbinder aufgehangen werden. —

Leistung und Zahl der Zugthiere, Wagenzahl.

Hinsichtlich der Leistung der Pferde ergeben die Erfahrungen an zahlreichen Orten, dass dieselben im Jahres-Durchschnitt pro Tag von 25—30 km Lauf variiren; diese Zahl findet sich wenn man die gesammte in einem Jahre auf einem Bahnnetze zurück gelegte Fahrlänge durch die Zahl der i. M. vorhanden gewesenen Pferde dividirt (selbstverständlich unter getrennter Anrechnung der mit 1 und 2 Pferden bespannt gewesenen Wagen). Da man auf einen Kranken- und Reserve-Bestand von 10—15 Prozent rechnet, so ist die effektive Tagesleistung des gesunden Pferdes höher als angegeben; in Ausnahmsfällen kann dieselbe 40 km und selbst 45 km erreichen.

Die Anzahl der erforderlichen Pferde berechnet sich aus der beabsichtigten täglichen Tourenzahl d. i. des Gesammtweges den die Wagen durchlaufen und der möglichen Tagesleistung. Hat z. B. eine Strecke 5 km Länge und soll dieselbe in beiden Richtungen während 14 Tages-Stunden 6mal pro Stunde befahren werden, so ist die Fahrlänge der Wagen $14 . 6 . 2 . 5 = 840$ km, welche Zahl durch die Tagesleistung $= 30$ dividirt einen Bedarf an Pferden $= 28$ ergiebt, wenn die Wagen 1spännig fahren und von 56 wenn 2spännige Wagen benutzt werden. Mit Zurechnung von 12—15 % oder in M. $= 12\frac{1}{2}$ Prozent für kranke und Reserve-Pferde, würden sich der Bedarf zu bezw. 32 und 63 heraus stellen. — Die Zahl der transportirten Personen (Gesammtzahl der transport. Personen divid. durch die Zahl der vorhandenen Pferde) schwankt pro Pferd und Jahr in verschiedenen Orten zwischen 10000 und 30000. —

Was die Wagenzahl betrifft, so ist auf je 8 Pferde 1 Zweispänner- und auf je 5 Pferde 1 Einspänner-Wagen als Bedarf zu rechnen. — An Wagen-Gewicht kann bei geschlossenen Wagen auf 40—55 kg gerechnet werden, die höhere Zahl bei Einspännern. — Der Achsstand der Wagen schwankt bei festen Achsen zwischen 1,5 und 2,0 m und der Rad-Durchmesser beträgt von 0,7—0,9 m. —

F.

DIE BEARBEITUNG DER HAUPTSÄCHLICHSTEN METALLE,

die dazu dienenden Apparate und Werkzeuge, sowie die allgemeine bauliche Einrichtung der Werkstätten für Metall-Bearbeitung.*)

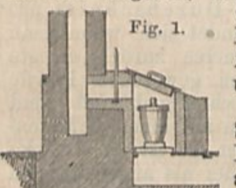
Bearbeitet nach Mittheilungen von R. Unger, Ingenieur bei der Aktien-Gesellschaft „Weser“ in Bremen.

I. Eisen.

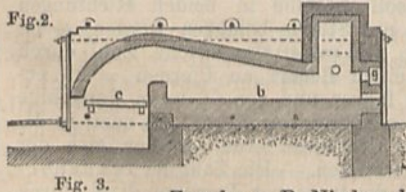
A. Gusseisen.

Der Kohlenstoff-Gehalt des Gusseisens wechselt von 6 bis 1,8 % und ist dadurch das Metall schmelzbar, aber nicht schweissbar. — Eisenguss-Waaren werden gewöhnlich aus, in besonderen Oefen geschmolzenem Roheisen oder auch aus sogen. Brucheisen hergestellt; nur geringere Qualitäten werden direkt aus dem Hohofen gegossen. Zum Umschmelzen verwendet man dreierlei Oefen: Tiegelöfen, Flammöfen und Kupolöfen.

1. **Tiegelöfen** (Fig. 1) enthalten je einen Tiegel, der, von Brennmaterial umgeben, auf einen Rost gestellt wird. Benutzung dieser Oefen zum Schmelzen kleinerer Partieen von Eisen bis etwa 25^{kg}, besonders für Ausnahme-Zwecke, z. B. Herstellung feinerer Gusswaaren und sogen. schmiedbaren Gusses.


Fig. 1.

Der Tiegelschacht wird aus feuerfesten Steinen $0{,}30-0{,}45^{m}$ weit und $0{,}60-0{,}80^{m}$ über Rost (bei Holzkohlen-Feuerung etwas höher) aufgemauert. Brennmaterial-Erforderniss bei Koke oder Holzkohlen für 100^{kg} Eisen 100 bis 200^{kg} Koke. — Tiegel aus feuerfestem Thon oder Graphit. Für Tiegelguss eignet sich besonders halbirtes oder auch feinkörniges graues Roheisen. —


Fig. 2.

2. In den **Flammöfen** (Fig. 2—5) liegt das Eisen auf einem von der Flamme bestrichenen, gedeckten Heerde. Diese Oefen werden gewöhnlich da benutzt, wo das Brennmaterial geringwerthig ist oder auch da, wo es sich um bestimmte Zwecke, z. B. Niederschmelzen grosser Gussstücke, oder um Darstellung eines besonders homogenen Eisens, etc. handelt. Die Einzelheiten der Ofen-Konstruktion sind sehr wechselnd, doch kommen alle Konstruktionen auf die dargestellte Grundform zurück. *a* ist die Einsatzthür, *b* der durch die Feuerbrücke vom Rost *c* ge-

Fig. 3.

*) Vergl. hierzu im Bd. I den Abschn. 5: „Metallurgie“, wozu der gegenwärtige Abschnitt die nothwendige weitere Ausführung bildet.

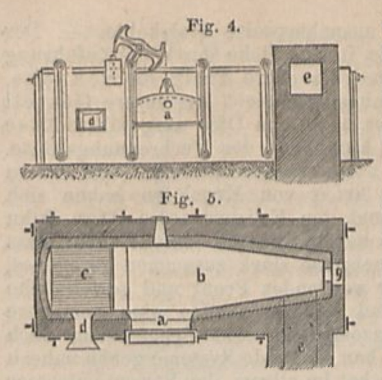


Fig. 4.
Fig. 5.

trennte Heerd, d die Einführungs-Oeffnung für das Brennmaterial, e der Fuchs. Das geschmolzene Eisen fliesst durch das Stichloch g in Giesspfannen, oder in einen sog. Tümpel, um von da in die Guss-Form zu gelangen. — Das Ofen-innere, der Fuchs und der untere Theil des Schornsteins sind mit feuerfesten Steinen ausgemauert. Aussen wird der Ofen in Lang- sowohl als Querrichtung durch Eisen-Anker zusammen gehalten; gewöhnlich sind die Langseiten und der obere Theil der Stirnwand ganz mit eisernen Platten armirt; vielfach erhält auch der gemauerte Schornstein eine ähnliche Verankerung.

Vorkommende Konstruktions-Verschiedenheiten beziehen sich einerseits auf das Ofen-Innere, andererseits auf die Armatur. Die Heerdform ist entweder gestreckt, mit dem Stichloch am Ende des Ofens, oder auch eine bauchig vertiefte, mit dem Stichloch seitlich an tiefster Stelle. — Die Heerdsohle wird entweder aus feuerfesten Steinen gemauert und trägt alsdann eine Sandbettung von 0,15^{m} Dicke, oder sie wird aus feuerfesten Steinbrocken und Thon aufgestampft. — Anstatt der seitlichen Lage des Schürlochs d (welches ohne Verschluss ist), kommt auch wohl die Lage an der Stirnseite, und dann eine Feuerthür, oder ein verschliessbarer Fülltrichter in der Gewölbedecke über dem Roste vor. — Die ausbalanzirte doppelwangige Einsatzthür wird mit feuerfesten Steinen ausgefüttert. — Ein Ofen für 4000^{kg} Eisen hat etwa folgende Abmessungen: Rost 1,20^{m} × 1,20^{m}; Heerd 3,60^{m} lg., 1,20^{m} br.; lichte Höhe über der Feuerbrücke 0,60^{m}; Feuerbrücke 0,30^{m} br., 0,30^{m} hoch; Fuchs 0,60^{m} × 0,60^{m}. Äussere Maasse des Ofens 5,70^{m} lg., 2,10^{m} br., 1,80^{m} über Fussboden hoch.

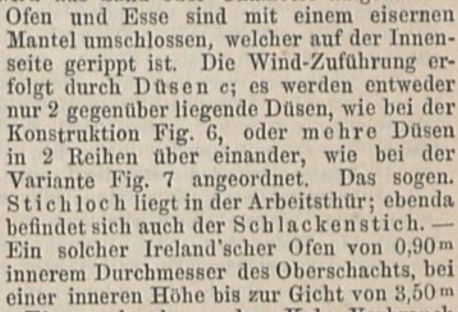
In Flammöfen wird besonders sogen. leicht halbirtes Eisen von hoher absoluter Festigkeit geschmolzen, wie es z. B. zur Herstellung gusseiserner Walzen erforderlich ist. — Als Brennmaterial dienen Steinkohle, Holz, Torf, auch Braunkohle und sind zum Schmelzen von 100^{kg} Eisen 35—60^{kg} Steinkohle erforderlich. Etwa 7 % des Einsatzes gehen durch Abbrand verloren. —

3. **Schachtöfen** oder **Kupolöfen**. In diesen Oefen wird das schichtenweise und mit Brennmaterial-Schichten abwechselnd eingebrachte Eisen unter Anwendung von Gebläseluft ununterbrochen nieder geschmolzen. Ausschliesslich diese Oefen sind es, deren man sich zu jedem regelmässigen Giesserei-Betriebe bedient, da dieselben weit weniger Brennmaterial als die Tiegelöfen und Flammöfen erfordern. — Während in den Tiegelöfen das Eisen in seiner chemischen Zusammensetzung sich nur wenig ändert, tritt beim Schmelzen im Flammofen eine Kohlenstoff-Verminderung, im Kupolofen dagegen eine Kohlenstoff-Vermehrung des Eisens ein.

Die Form der Kupolöfen ist im allgem. die eines Schachts nach Art der Hohöfen, welchem am untern Theile ein Gebläse die erforderliche Luftmenge zuführt; die Feuergase entweichen oben. Das geschmolzene Eisen sammelt sich auf der Sohle des Ofens und wird nach Bedarf durch ein Stichloch abgelassen. Für das Beschicken des Ofens ist in der Höhe der „Gicht“ eine Bühne vorhanden. Als

Brennmaterial dient Koke, nur ausnahmsweise Holzkohle. — Der wichtigste Theil des Ofens ist die in der Höhe der Wind-Zuführung liegende Schmelzzone. Während der obere Theil, der Schacht, das Eisen und Brennmaterial aufnimmt, umgiebt das untere Gestell den eigentlichen Heerd. Die event. über dem Ofen aufgeführte Esse dient lediglich zur Sicherheit bei Abführung der Verbrennungs-Gase.

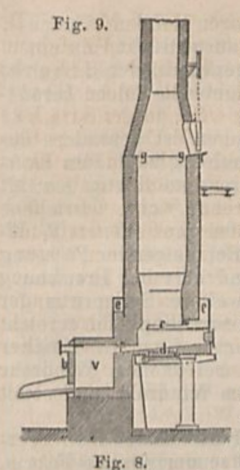
Unter den vielen durch ihre Form-Verschiedenheiten des Innern sich wesentlich unterscheidenden Arten von Kupolöfen haben sich namentlich der Ireland'sche und der Krigar'sche Ofen Bahn gebrochen. Das Charakteristische beider Systeme besteht darin, dass Ireland's Ofen ein in der Schmelzzone stark zusammen gezogenes, unterhalb derselben wieder weiter werdendes Profil und gewöhnliche horizontale Düsen besitzt, während Krigar's Ofen eine geringere Zusammerziehung in der Schmelzzone und eine lippenförmig nach unten gerichtete Wind-Einführung hat. — Beide Systeme geben nahezu dieselben Resultate: Ireland's Ofen hat im allgem. den Vorzug grösserer Einfachheit der Anlage, während Krigar's Ofen der im Betriebe leichter zu behandelnde ist. —


Fig. 6. Fig. 7.

Kupolofen von Ireland (Fig. 6 u. 7). Der eigentliche Ofen reicht nur bis zur Höhe der sogen. Gicht *g-g*. An ihn schliesst sich oben die Esse zur Abführung der Gichtgase mit der verschliessbaren Gicht-Oeffnung *a* an, durch welche die Beschickung erfolgt. Der Ofen ist mit feuerfesten Steinen auszufüttern, während für die Esse allenfalls hart gebrannte Steine genügen. Die Heerdsohle wird aus Sand oder Chamotte aufgedämmt. Ofen und Esse sind mit einem eisernen Mantel umschlossen, welcher auf der Innenseite gerippt ist. Die Wind-Zuführung erfolgt durch Düsen *c*; es werden entweder nur 2 gegenüber liegende Düsen, wie bei der Konstruktion Fig. 6, oder mehre Düsen in 2 Reihen über einander, wie bei der Variante Fig. 7 angeordnet. Das sogen. Stichloch liegt in der Arbeitsthür; ebenda befindet sich auch der Schlackenstich. — Ein solcher Ireland'scher Ofen von 0,90^{m} innerem Durchmesser des Oberschachts, bei einer inneren Höhe bis zur Gicht von 3,50^{m} kann stündlich ca. 2500^{kg} Eisen schmelzen; der Koke-Verbrauch stellt sich auf ca. 12^{kg} pro 100^{kg} Eisen. Die Windpressung ist 35 bis 50^{cm} Wassersäule, der Windverbrauch ca. 80^{cbm} pro 100^{kg} Eisen, bei 4 unteren Düsen von 12^{cm} und 8 oberen Düsen von 6^{cm} Weite. —

Kupolofen von Krigar. Bei der älteren Konstruktion ist ein 4eckiger Schacht vorhanden. Die Wind-Zuführung findet aus einem die Schmelzzone umschliessenden Kanal, vertikal abwärts gerichtet, in den Heerdraum statt. Der neuere Krigar'sche Ofen (Fig. 8, 9) weist ausser der Eigenthümlichkeit der Wind-Zuführung die weitere Veränderung auf, dass der eigentliche Heerd als Vorheerd *v* seitlich, zu dem Ofen liegt und dass der zur Hälfte von Säulen getragene Ofen den freien Zutritt von unten gewährt. Ein enger Kanal *f* verbindet Vorheerd und Ofen; die ausgemauerte Klappe *d* dient zu Reinigungs-Zwecken. Die Wind-Zuführung findet aus dem Kanal *e* durch den hufeisenförmigen Schlitz *c* in schräger Richtung nach unten zu statt. Der 4eckige Vorheerd ist mit gusseisenen Platten armirt und durch die Arbeitsthür *b*, welche Stichloch und Schlackenstich enthält, ge-

Fig. 9.



schlossen. Der eigentliche Ofen hat, wie die Esse, eine Blech-Ummantelung und ist ganz mit feuerfesten Steinen aufgemauert; die Klappe *d* wird durch Sand-Aufschüttung gedichtet. — Ein Krigar'scher Ofen von 0,90 m innerem Durchm. im Oberschacht bei einer inneren Höhe des Ofens von 3,50 m bis zur Gicht und einer Höhe der Gicht über dem Fussboden von 5 m, mit einem Vorheerd von 0,80 qm Fläche, vermag stündlich etwa 3000 kg Eisen zu schmelzen bei einem Koke-Verbrauch von ca. 11 kg pro 100 kg Eisen und ca. 70 cbm Wind-Verbrauch von einer Pressung von 25 bis 30 cm Wassersäule und einem Düsenschlitz von 5 cm Höhe bei 120 cm Länge. —

Fig. 8.

4. Gebläse der Kupolöfen. Die Gebläse-Luft, deren Pressung, je nach Ofenart und Brennmaterial-Beschaffenheit, 25 bis 50 cm Wassersäule beträgt, muss in solcher Quantität zugeführt werden, dass eine möglichst hohe Temperatur unterhalten wird. Danach sind auf 1 kg schwerer Koke etwa 9 cbm Luft oder auf je 100 kg geschmolzenes Eisen etwa 70 cbm Gebläse-Luft während der eigentlichen Schmelzzeit zu rechnen. Ein Gebläse, welches pro Sek. Q cbm Wind mit einer Pressung von h m Wassersäule liefert, hat eine Nutzleistung $N_0 = 13{,}3\ Q\ h$ Pfdkr. und bedarf eine Betriebskraft von $N_e = \frac{13{,}3\ Q\ h}{\eta}$ Pfdkr., worin η je nach der Art des Gebläses variirt. —

Die gewöhnlichen Gebläse sind rotirende, welche den Vorzug der Einfachheit und Billigkeit besitzen; nur in Ausnahmefällen kann die Mitbenutzung disponibler Zylinder-Gebläse oder die Anwendung von Wasser-Gebläsen vortheilhaft sein.

Die rotirenden Gebläse sind entweder Flügel-Ventilatoren oder sogen. Kapsel-Gebläse d. h. rotirende Kolbengebläse.

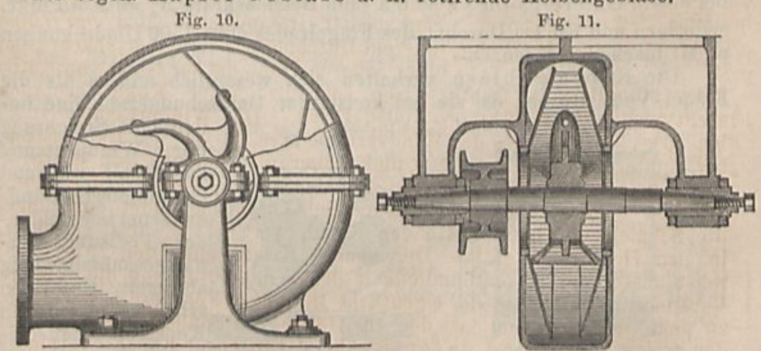


Fig. 10. Fig. 11.

Die Ventilatoren sind meist dem in Fig. 10, 11 dargestellten Lloyd'schen Ventilator ähnlich. Wenn für mehrere Ventilatoren oder mehrere Kupolöfen eine gemeinsshaftliche Windrohr-Leitung vorhanden ist, müssen die einzelnen Ventilatoren, bezw. Oefen etc. von derselben absperrbar sein. Abweichungen von der dargestellten Konstruktion beziehen sich wesentlich auf die Gehäuse- und Flügelform.

Ein guter Ventilator muss folgende Bedingungen erfüllen: Er muss, die Leistung durch Luftquantum und Pressung ausgedrückt, mit einem Güterverhältniss η von mind. 0,3 arbeiten, muss geräuschlos funktioniren und endlich so eingerichtet sein, dass die Flügelwelle leicht herausnehmbar ist.

Die Erfüllung der erstgenannten Bedingungen ist besonders davon abhängig, dass das Verhältniss der Umdrehungszahl zum Luftquantum einerseits und zur Windpressung andrerseits richtig gewählt werde. Denn jeder mit konstanter Umdrehungszahl betriebene Ventilator giebt die grösste absolute Leistung bei ganz offenem Windrohr, also bei dem niedrigsten Gegendruck. Bei steigender Pressung nimmt das gelieferte Luftquantum rasch ab und hört bei Erreichung einer bestimmten Pressung ganz auf. Eine weitere Steigerung der Pressung kann nur durch Vermehrung der Umdrehungszahl erreicht werden, die aber in der Praxis selten ausführbar ist. In gleicher Weise ist auch die erforderliche Betriebskraft bei offenem Windrohr gewöhnlich am grössten, bei ganz geschlossenem Windrohr, und somit höchstem Winddruck, am geringsten. —

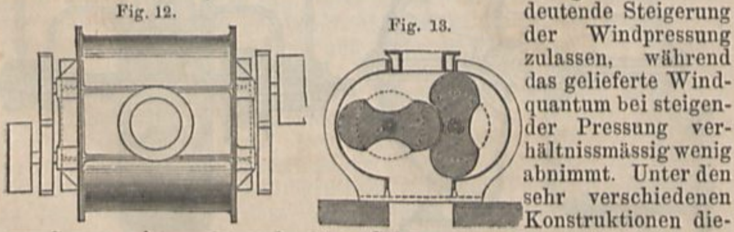
Nachstehende Tabellen-Resultate sind dynamometrischen Versuchen an Ventilatoren der „Chemnitzer Werkzeugmaschinen-Fabrik, vorm. Joh. Zimmermann“ entnommen. *)

	Kleiner geräuschloser Ventilator von 1000 Umdrehg. pro Min.				Grosser geräuschloser Ventilator von 1000 Umdrehg. pro Min.			
	cbm pr. Sek.	h m	η	N_e Pfdkr.	cbm pr. Sek.	h m	η	N_e Pfdkr.
Offene Mündung	0,214	0,040	0,274	0,40	2,008	0,065	0,366	4,95
Verengte do.	0,025	0,095	0,163	0,17	0,488	0,140	0,361	2,50
Geschlossene do.	0	0,104	0	0	0	0,180	0	1,20

Hiernach lässt sich der Windbedarf durch Verengerung der Ausströmungs-Oeffnung, z. B. durch einen Schieber, ohne wesentlichen Effektverlust reguliren. —

Für einen Kupolofen, welcher stündlich 3000 kg Eisen liefern soll, würde ein Windquantum von 2100 cbm (0,6 cbm p. Sek.) bei etwa 0,35 m Pressung erforderlich sein. Der entsprechende Ventilator würde bei einem Güteverhältniss $\eta = 0{,}3$ eine Betriebskraft $N_e = 9{,}3$ Pfdkr. erfordern und bei 1 m Durchm. des Flügelrades etwa 1500 Umdrehungen p. M. machen müssen. —

Die Kapselgebläse verhalten sich wesentlich anders als die Flügel-Ventilatoren, da sie bei konstanter Umdrehungszahl eine bedeutende Steigerung der Windpressung zulassen, während das gelieferte Windquantum bei steigender Pressung verhältnissmässig wenig abnimmt. Unter den sehr verschiedenen Konstruktionen dieser Gattung ist es besonders das Gebläse von Roots (Fig. 12, 13), welches eine grössere Verbreitung gewonnen hat. Dasselbe besteht aus einem Gehäuse, in welchem 2 hölzerne, 8-förmige Trommeln


Fig. 12. Fig. 13.

*) Diese und zahlreiche weitere Angaben sind entlehnt aus: „Dr. E. Hartig Mittheil. der Polytechn. Schule zu Dresden, Versuche über Leistung der Werkzeugmaschinen“.

liegen. Die Einlass-Oeffnung für die Luft befindet sich in der Decke, die Ausströmungs-Oeffnung im Boden des Gehäuses. Die Daumen drehen sich mit mässiger Geschwindigkeit, indem sie einander, wie auch die Gehäuse-Wände streifen; es wird an den Berührungs-Stellen durch eine steife Schmiere ein möglichst dichter Schluss hervor gebracht. Die Trommeln wirken nach Art zweier, in einander greifender Schaufelräder. Ihre Bewegung ist sehr lärmend, das Güteverhältniss η des Gebläses beträgt aber, bei einem mittleren Drucke von $0{,}3^{m}$ Wassersäule, etwa 30 %. Der Kraftaufwand steigt bei diesen Gebläsen bei konstanter Umdrehungszahl im selben Verhältniss wie die Windpressung.

Die nachstehenden Versuchs-Resultate sind gleichfalls aus oben zitirter Quelle entlehnt. Die Trommeln waren im betr. Falle $0{,}850^{m}$ lang bei $0{,}425^{m}$ grösstem Durchmesser.

Offene Mündung: $Q = 0{,}695^{\text{cbm}}$, $h = 0{,}038^{m}$, $\eta = 0{,}405$, $N_e = 0{,}84$, Umdrehungszahl pro Min. = 275.

Verengte Mündung: $Q = 0{,}0735^{\text{cbm}}$, $h = 0{,}820^{m}$, $\eta = 0{,}143$, $N_e = 7{,}80$, Umdrehungszahl pro Min. = 192.

Die Druck-Regulirung geschieht durch ein Sicherheits-Ventil, doch lässt sich ein geringeres Luftquantum ohne Veränderung der Umdrehungszahl nur auf Kosten der Betriebskraft erzielen. —

Für einen Kupolofen, welcher stündlich 3000^{kg} Eisen schmelzen soll, also $0{,}6^{\text{cbm}}$ Wind p. Sek. von ca. $0{,}30^{m}$ Pressung bedarf, würde ein Roots-Gebläse mit Trommeln von etwa 1^{m} Länge und $0{,}5^{m}$ Durchm. genügen; die Betriebskraft würde, bei $0{,}25^{m}$ Winddruck, ca. 6 Pfdkr., bei $0{,}35^{m}$ Winddruck ca. 9 Pfdkr. sein. —

Die Beschickung der Kupolöfen. Die im Handel gebräuchlichen Roheisen-Barren, sowie kleinere Maschinenguss-Stücke sind mittels schwerer 2händiger Hämmer, grössere Stücke dagegen durch ein sogen. Rammwerk zu zerschlagen. Ein solches besteht aus einem mit einer Winde für den Rammklotz versehenen, 3beinigen Bock von 12—16^{m} Höhe, in dessen Kopfe die Winden-Kette über eine Rolle geführt wird. Die Kette endigt in einer Zange, welche den Rammklotz hält und die durch Anziehen einer Schnur in jeder Höhenlage, zum Fallen des Rammklotzes, geöffnet werden kann. Obwohl man mit dem Gewicht des Rammklotzes bis auf 600^{kg} geht, lassen sich doch manche massige Stücke nur indirekt mit dem Rammklotz zerschlagen; dazu setzt man an passenden Stellen Keile ein oder bohrt Löcher von etwa 3^{cm} Durchm., füllt dieselben mit Wasser, schliesst sie mit Stahlstift und lässt auf letzteren den Rammklotz treffen. Diese Methode ist ganz besonders zuverlässig, während das Sprengen grosser Gussstücke mittels Nitro-Glycerin etc. für die Giesserei-Praxis keinen Werth hat. — Für ein gewöhnliches Rammwerk ist ein Rammklotz von 400^{kg} ausreichend. Bei Anwendung von Dampfbetrieb genügt eine Hub-Geschwindigkeit von $0{,}15^{m}$ p. Sek. und erfordert das Rammwerk dann etwa 1 Pfdkr. Maschinenstärke. —

Da Brennmaterial und Eisen in grossen Quantitäten zur Gichtöffnung befördert werden müssen, so ist, wenn nicht etwa die Terrainverhältnisse das direkte Anfahren zulassen, für einen sogen. Gichtaufzug zu sorgen, der als Fahrstuhl ausgeführt wird, welcher 1 Mann nebst gefüllter Karre, zus. etwa 400^{kg} zu heben vermag. — In der Nähe der Gicht pflegt man eine Waage aufzustellen, um Eisen und Brennmaterial für die einzelnen Beschickungen abzuwiegen. —

5. Das Giessen. Das Vergiessen des geschmolzenen Eisens muss möglichst rasch erfolgen. Da man gleichzeitig aus mehreren Pfannen giessen kann, so reichen selbst für aussergewöhnlich grosse Stücke die

gewöhnlichen Pfannen aus. Diese sind entweder mit Hand oder mit Hülfe von Krähnen zu transportiren.

Der Guss geschieht entweder in offene Formen, wobei die obere Fläche des Gussstücks wagerecht wird, als sogen. Heerdguss, oder auch in Formen, welche geschlossen sind. Während Heerdguss an der Oberfläche mehr oder weniger undicht ist, kann beim Guss in geschlossene Formen, in Folge des grösseren statischen Drucks des flüssigen Eisens, ein sehr gleichmässiger Guss erzielt werden. — Erkaltendes Eisen verhält sich ähnlich wie erstarrendes Wasser: es schwindet bis kurz vor dem Erstarren, dehnt sich dann zwar noch einmal wieder aus und schwindet demnächst, nach begonnenem Erstarren abermals, bis zur gänzlichen Abkühlung. Man fertigt daher die Form um das sogen. Schwindmaass, welches im Durchschnitt 1 % in linearer Richtung beträgt, grösser an, als das Gussstück werden soll. — Vielfach tritt, dem Schwinden entgegen gesetzt, das sogen. Treiben ein, welches seinen Grund theils in starker Graphit-Ausscheidung, theils in einer durch den statischen Druck bewirkten Aenderung der Form hat. Dieser Druck des flüssigen Eisens ist für die Druckhöhe h^{m}: 0,75 h ^{kg} pro ^{qcm}, also z. B. im Boden einer 4 ^{m} tiefen Form 3 ^{kg}. —

Man kann mit einem anzufertigenden Gussstück Guss- oder Schmiedeisen-Theile durch Eingiessen verbinden, indem man jene fremden Theile, gut angewärmt, unmittelbar vor dem Gusse in die Form legt. Namentlich lassen sich auf diese Weise schmiedeiserne Achsen, sowie schmiedeiserne Radarme eingiessen. —

6. Das Formen. Als Material dienen verschiedene Mischungen von Quarzsand und Thon mit geringen Beimengungen anderer Substanzen, ausserdem Eisen selbst. Eiserne Formen, sogen. Coquillen, bewirken stets eine rasche Abkühlung des Gussstücks und machen hierdurch dasselbe äusserlich glashart. Magerer Sand bietet nur in feuchtem Zustande und bei festem Zusammenstampfen die erforderliche Festigkeit, sehr thonhaltiges Formmaterial nur im völlig gatrockneten Zustande. — Bei Sandformen wird in die feuchte, bei Thonformen nur in die völlig getrocknete Form gegossen. Der Sand muss stark mit Kohlenpulver gemischt sein, um Durchlässigkeit für die entweichenden Dämpfe zu besitzen. — Die gewöhnliche Formmasse (Formsand) hat einen mittleren Gehalt an Thon; sie lässt den Guss in die feuchte Form zu, liefert aber grössere Chancen für das Gelingen des Gusses, wenn die Form getrocknet wird; auch dieser Sand erhält etwas Kohlenpulver-Zusatz. Diese Masse ist durch Sieben und Mahlen zu neuem Gebrauche tauglich zu machen. — Ein noch mehr thonhaltiges Material wie vor nennt man Masse. Masseformen müssen getrocknet werden, da sie sonst beim Gusse nicht die Gase entweichen lassen. — Das thonreichste Formmaterial, der Lehm, lässt sich nicht zu Formen stampfen, sondern muss schichtenweise aufgetragen werden. Durch eine Beimengung von gehacktem Stroh, Pferdedünger oder Kuhhaaren erhöht man die Festigkeit der (zu trocknenden) Form, welche vermöge ihrer Porosität und Elastizität für das Gelingen des Gusses grössere Garantie bietet, als alle anderen Formen. —

Je magerer der Sand ist, desto einfacher muss die Form sein. Magerer Sand setzt den gewaltsamen Bewegungen des Schwindens grossen Widerstand entgegen. Diejenigen Theile einer Form also, welche solchen Wirkungen ausgesetzt sind, die sogen. Kerne, müssen, um das Zerspringen des Gusses zu verhüten, aus Masse oder besser aus Lehm angefertigt werden. Hiernach verwendet man: Mageren

Sand für gewöhnliche Gussarbeiten, Masse für feinere Verzierungen und Gusstheile von scharfer Profilirung, sowie für kleinere Kernstücke, Lehm für grosse, besonders schwierige, oder anderweit geeignete Gussstücke, sowie für alle grösseren Kernstücke. —

Kerne oder Kernstücke sind diejenigen Theile, welche beim Füllen einer Form mehr oder weniger vom Eisen umströmt und eingeschlossen werden. Die in der eigentlichen Form zu stützenden Kerne müssen mit dieser in einer derartigen Verbindung stehen, dass die Gase zur Abführung gelangen können. Wo erforderlich, sind eiserne Kernstützen anzubringen, welche mit eingegossen werden. Wenn die Formen nicht im Boden (Flur der Giesserei) eingestampft werden, sind sie meist durch eiserne, auch wohl hölzerne Wände, sogen. Formkasten, umschlossen. Die Theile der Formkasten sind unter sich, sowie mit den Kernen solide verbunden; zuweilen findet auch, der Haltbarkeit der Form wegen, eine direkte Belastung durch Roheisen-Barren Anwendung. — Formen und Kerne werden entweder durch Auffüllen des Materials auf ein Modell oder durch Einfüllen in ein hohles Modell, einen sogen. Kernkasten, — oder endlich durch Auftragen des Formmaterials nach Schablonen hergestellt. Erste beiden Methoden finden fast bei jeder Form vereint Anwendung. —

Modelle bestehen gewöhnlich aus Tannenholz, ferner auch aus Metall, Gips, Wachs etc. Um ein Modell vor dem Gusse aus der Form entfernen zu können, ist meistens eine Theilung der Form sowie der Modelle erforderlich, derart, dass die einzelnen Theile der Form nach dem Herausnehmen der Modelle wieder zusammen gefügt und verbunden werden können. Nur Modelle aus Wachs sind einfach durch Ausschmelzen aus der Form zu entfernen. —

Schablonen fertigt man gewöhnlich aus Holz an und versieht sie nach Bedürfniss mit eisernem Beschlag. — Die einfachste Art der Anwendung findet bei Herstellung sog. gedrehter Lehmkerne statt. Die eiserne, gewöhnlich hohle und durchlöcherte Kernspindel wird in einfache Lager gebracht und gedreht, dabei mit Strohseil umwickelt, welches die Unterlage für den Auftrag aus nassem Lehm bildet. Durch die quer dagegen gehaltene Schablone wird dem Lehmkörper dann die gewünschte Rotations-Form gegeben. — Die andere Methode besteht darin, die Schablone in vorgeschriebenen Bahnen an der im Rohen vorgearbeiteten Form zu führen und das reichlich aufgefüllte Formmaterial so lange abzustreichen, bis die richtige Form erreicht ist. —

a. Das Formen nach Modell ohne Formkasten. In dem mit Formsand angefüllten Flur der Giesserei lassen sich einzelne Modelle mit ebener Oberfläche und einseitigen Rippen ohne Anwendung von Formkasten einformen. Der Guss kann als Heerdguss in offener Form, bezw. in, mit getrockneten Lehmplatten abgedeckter Form ausgeführt werden. Die Platten erhalten Oeffnungen zum Einguss und für Abführung der Luft und werden mit Roheisen belastet. Der in solcher Art hergestellte Guss ist von grösserer Dichtigkeit als Heerdguss. Die Modelle sind gewöhnlich von Holz; für Guss-Stücke, welche sich öfter wiederholen oder sehr dünn sind, empfehlen sich aber metallene Modelle. — Geeignete Gegenstände für diese Art Formen sind u. a.: Ofenwaaren, Kerneisen für den eigenen Betrieb (Heerdguss), einfache Ankerplatten von I-förmigem Querschnitt, Platten mit Rippen auf einer Seite, Schwungräder und Ringe mit einer ebenen Seitenfläche, event. mit schmiedeisernen Armen etc., und Gegenstände von grösserer Komplizirtheit, wenn sie, in passende Theile zerlegt, eingeformt werden können. —

b. Das Formen nach Modell mit Formkasten. Getheilte Modelle, deren Theile in ungleichen Richtungen aus der Form gehoben werden müssen, erfordern die Anwendung von Formkasten. In den meisten Fällen genügen 2 Kasten und fallen alsdann die ebene Schnittfläche des Modells und die Theilfläche der Kasten beim Einformen zusammen. Die Modell-Hälften sowohl, wie auch die beiden Formkasten werden durch Führungs-Stifte verhindert, sich gegenseitig zu verschieben. Wenn Modelle vorliegen, welche mehr als eine Theilfläche haben, so wird man event. so viele Formkasten über einander stellen, als das Modell Hauptheile hat. Ausser den horizontalen Formkasten können auch seitlich besondere Kasten aufgestellt werden, wenn das Modell dies erfordert. Der unterste Formkasten ist in vielen Fällen entbehrlich, indem man den dafür bestimmten Modelltheil in den Boden der Giesserei einformt. Diese Methode giebt aber nicht so viel Chancen für das Gelingen des Gusses, wie wenn lediglich Formkasten angewandt werden, doch ist sie bei grossen Gussstücken schwer zu umgehen. — Form und Dimensionen der Formkasten müssen sich möglichst dem Modell anschliessen; man macht sie daher im allgem. niedrig und setzt sie, um die passende Höhe zu erreichen, mehrfach zusammen — Das Formmaterial ist beim sogen. Kastenguss Sand oder Masse, während Lehm besonders zu Kernen verwandt wird. — Die Modelle werden gewöhnlich aus Holz angefertigt. Eiserne und metallene Modelle kommen vielfach als Theile von hölzernen Modellen vor, z. B. für aufgesetzte Verzierungen an Säulen-Modellen etc. Auch Gips eignet sich vielfach zu Modellen für Kastenguss; zu Modellen von Buchstaben wird fast ausschliesslich Wachs benutzt. — Kleinere Kerne werden durchweg in Masse ausgeführt, grössere Kerne mit Vorliebe in Lehm, da die Masse dem Schwinden des Eisens einen grösseren Widerstand entgegen setzt und demgemäss grosse Kernstücke aus Masse den Guss gefährden. Auch fertigt man die Kerne wohl als hohle Kerne an. — Der Kastenguss eignet sich für alle Giesserei-Arbeiten, als z. B. Platten mit Rippen auf beiden Seiten, Träger, Maschinenböcke etc. von kreuzförmigem oder I-förmigem Querschnitt, ferner Räder, Riemscheiben, Rollen etc. Diejenige Seite, welche vorzugsweise dicht sein soll, muss in den Unterkasten genommen werden. Auch Formen sind durch Kastenguss herzustellen, desgl. Gefässe mit geschlossenem Boden, hohle Säulen, Röhren und Walzen. Gebogene Röhren werden liegend gegossen und ist das Modell der Länge nach getheilt. Gerade Röhren, sowie Säulen und Walzen sind, wenn der Guss gleichmässig und dicht sein soll, stehend zu giessen, am besten mit einem sogen. „verlorenen Kopf“ am oberen Ende. Modell und Formkasten sind in der Regel der Länge nach getheilt und wird die Form zum Gusse aufrecht in eine Grube gestellt oder in einem Gerüst aufgehangen. Gerade Röhren fertigt man von 4 ^{cm} bis zu 1,1 ^{m} innerem Durchm. und 4 ^{m} Baulänge fabrikmässig an. Ebenso wie Röhren werden auch Dampf- und Pumpen-Zylinder behandelt. Endlich fertigt man in Kastenguss kastenförmige Gusstheile von rechteckigem Querschnitt, wie z. B. hohle Maschinenböcke, Träger, Räder mit hohlen Armen etc. Die Kerne werden dazu entweder in Lehm und in besonderen Kernkasten geformt, doch kann man dieselben auch aus Masse herstellen und im hohlen Modell formen. Gerade bei derartigen Gusstheilen formt man häufig das Untertheil des Modells im Boden der Giesserei ein. —

c. Das Formen nach Schablone. In ähnlicher Weise, wie nach Modell, lassen sich im Flur der Giesserei auch Formen nach Schablone ausführen. Flache Formen sind mit Schablone in Masse

zu ziehen, höhere Formen müssen in Lehm ausgeführt werden. Im Flur der Giesserei wird eine Grube ausgehoben, in der man die Führungen für die Schablonen befestigt. Boden und Aussenwände werden annähernd nach der Begrenzung der Form fest gestampft; bei einer Lehmform werden dagegen Boden und Wände nach der annähernden Form ausgemauert. Die Decke der Form wird entweder durch Lehmkern oder eine besondere, auf einer Platte nach Schablone hergestellte Deckplatte gebildet. — Die durch Aufstellen von Oefen in der Grube getrocknete Form wird mit Sand fest zugestampft, natürlich mit Freilassung des Eingusses und der Windpfeifen. — Wesentlich abweichend von dieser einfachen Art, nach Schablonen zu formen, ist die Methode, ein Lehm- oder Sand-Modell nach Schablonen zu formen, welches in derselben Weise behandelt wird, wie ein Holzmodell, aber nach Vollendung der Form nicht heraus gehoben; sondern zerstört wird. Bei diesem Verfahren ist natürlich die Anwendung von Formkasten geboten, und kann die obere Form sowohl in Masse aufgestampft, als auch in Lehm aus freier Hand aufgetragen werden. Besonders komplizirte Theile der Form werden nach eingelegten Holz-Modellen hergestellt. — Eine kurze Angabe über das Formen derjenigen Gegenstände, welche vorzugsweise nach Schablone angefertigt zu werden pflegen, diene zur Erläuterung dieser wichtigen Methode:

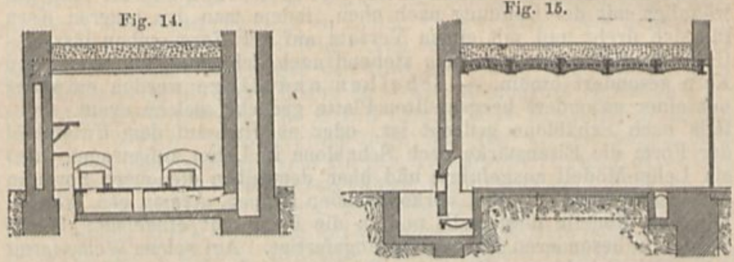
Rotationskörper jeder Art, wie z. B. vertiefte Gefässe, gerade Röhren, Scheiben und Ringe, lassen sich mit Schablonen formen, die um eine fest gelagerte oder vertikal gestellte Spindel gedreht werden. Die Form wird entweder im Giesserei-Boden, oder auf einer eisernen Platte aufgeführt. — Vertiefte Gefässe formt man gewöhnlich mit der Oeffnung nach oben, indem man den inneren Kern für sich dreht und mit einem Versatz auf der Form ruhen lässt. — Gerade Röhren formt man stehend nach Schablone und stellt den Kern gesondert hinein. — Scheiben und Ringe werden entweder mit einer gesondert hergestellten Platte gedeckt, welche event. ebenfalls nach Schablone gedreht ist, oder es wird auf dem Untertheil der Form die Eisenstärke nach Schablone in Lehm aufgetragen (also ein Lehm-Modell ausgeführt) und über demselben die obere Form in Masse aufgestampft. Von vorkommenden Rippen, Armen etc. werden hölzerne Modelle hergestellt und in die Form mit eingelegt; Kerne werden in besonderen Kernkasten angefertigt. Auf solche Weise formt man nach Schablone alle Arten Räder, sowie grössere Zylinder und Gefässe jeder Sorte. — Trommeln mit schraubenförmigen Gängen auf dem Umfange werden wie Rotationskörper, um eine vertikale Spindel geformt, die man auf eine entsprechende, spiralförmige Bahn stellt. — Schiffs-Schrauben mit schraubenförmigen Gängen werden im Untertheil der Form auf gleiche Weise wie vor eingeformt, alsdann wird von der Schraube selbst das volle Modell in Lehm ausgeführt, über diesem werden die Decken der einzelnen Flügel, bezw. der Nabe angefertigt und wird darauf, nach Abheben der Decken, das Lehm-Modell wieder beseitigt. — Gebogene Platten, gekrümmte Röhren etc. werden mittels entsprechend profilirter Streichbretter, welche auf Führungs-Leisten laufen, geformt. Von gekrümmten Röhren fertigt man in dieser Weise zunächst ein Lehm-Modell, gewöhnlich 2 seitig an, welches wie ein Holz-Modell eingeformt wird. Der Kern wird gesondert nach Schablone gezogen, oder aus dem Lehm - Modell durch Abreiben hergestellt. — Zahnräder fertigt man mittels Schablonen mit der sogen. Räder - Formmaschine, d. h. man dreht die obere und untere Fläche mittels einer

Schablone, welche sich um eine vertikale Spindel dreht, in Sand, stellt die Arme durch eingelegte Kerne her und formt die Zähne einzeln nach einem Modell, welches 2 Zähne enthält und sich an einem Arme um die Spindel dreht. —

d. Das Formen von Hartguss-Waaren. Man kann zwar durch passende Wahl der Eisensorte, sowie durch rasches Bloslegen des Guss-Stücks, eine ziemliche Härte, sowohl des ganzen Stücks, wie einzelner Theile erzielen; doch sind für einen äusserlich besonders harten Guss eiserne Formen, sog. Schalen oder Coquillen, erforderlich.

Kleinere Gegenstände, welche durch und durch hart sein sollen, werden in ganz eisernen Formen gegossen, z. B. Hartguss-Büchsen für Maschinenzwecke, Hartguss-Geschosse etc. Gusstheile mit einzelnen harten Partieen werden nach hölzernen Modellen in der Weise geformt, dass an den betr. Stellen eingelegte Eisenformen mit eingestampft werden, wie dies bei Herstellung von Hartguss-Rädern mit hartem Kranz und weichen Armen geschieht. Aehnlich wie angegeben verfährt man bei Herstellung von Hartguss-Walzen und Hartguss-Geschützen. —

7. Das Trocknen der Formen. Solche Formen, die sich nicht transportiren lassen, müssen durch Anwendung kleiner Hülfsmittel — Aufstellen von Kohlen- oder Koke-Öfen, Zudecken mit heissen Blechplatten etc. — an Ort und Stelle getrocknet werden, während man alle anderen Formen in Darr- oder Trockenkammern trocknet. Trockenkammern (Fig. 14, 15) sind feuerfeste Räume mit gewölbter Decke, die an einem Ende die Thür, am anderen die von aussen beschickte Feuerung enthalten, während sie am Boden den Fuchs zum


Fig. 14. Fig. 15.

Absaugen der Gase haben. Schienengleise zur Aufnahme eiserner Wagen führen hinein, auf welchen die Formen bezw. Kerne ruhen; an den Seitenwänden befinden sich Konsolen für den gleichen Zweck. — Die eisernen Thüren werden, wenn mehre Kammern neben einander liegen, nach Art von ausbalanzirten Schiebern ausgeführt. Die Wagen sind an den Seiten zur Aufnahme eiserner Pfosten mit Querstegen mit Augen versehen, auf welche man die Kernspindeln legt, während für die Formen die Plattform des Wagens dient. Auch erhalten die Wagen wohl in der Mitte ein Auge zur Aufnahme einer Spindel, für Lehmformerei nach Schablone. —

8. Das Mahlen der Form-Materialien. Während zur Wiederbenutzung mageren Sandes das einfache Sieben genügt, erfordern Masse und Lehm für gleichen Zwecke das Mahlen auf einer Mühle, die auch gleichzeitig zum Mahlen von frischem Lehm, Kohle, sowie von feuerfestem Stein für die Schmelzöfen dient. Hierfür eignen sich besonders die sog. Trog-Apparate, Fig. 16, 17 deren vertikal stehende Welle einen ringförmigen Trog hat, in welchem 2 eiserne, sogen.

Läufer von ca. 1 m Durchm. mit horizontaler Achse, die in beweglichen Armen gelagert sind, ruhen. Die Welle macht etwa 20 Touren pro Min. und versetzt dabei die Läufer ebenfalls in Drehung. Einige fest stehende Schaufeln leiten das seitlich ausweichende Material unter die Läufer. — In grösseren Giessereien rentirt es sich derartige Trog-Apparate lediglich als Lehm-, Sand- und Mörtelmühlen zu gebrauchen und zum Zerkleinern der Kohle eine besondere Mühle: Trommel mit darin rollenden eisernen Kugeln, zu verwenden. Ein solcher Trommel-Apparat macht etwa 30 Umdrehungen p. M. bei einem Durchm. von etwa 0,6 m und besorgt den Bedarf für etwa 30 Former. —

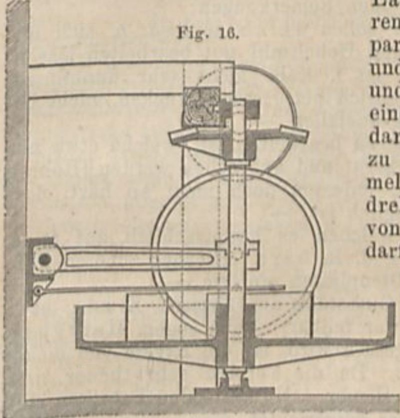


Fig. 16.

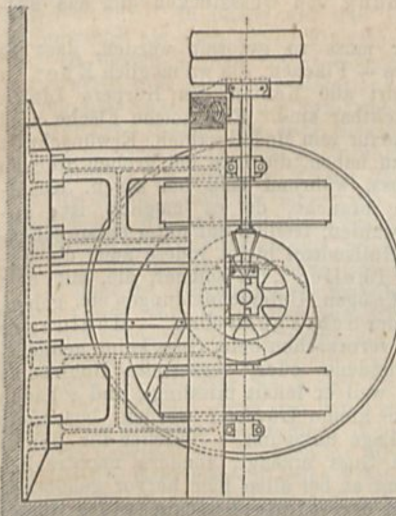


Fig. 17.

9. Vorläufige Behandlung der Gusswaaren in der Giesserei. Das Abschlagen der Eingüsse erfolgt, während das Gussstück noch glüht. — Nach dem Erkalten wird die Entfernung der anhaftenden Formmasse, das Herausstossen der Kerne und schliesslich das sog. Putzen des Gussstücks vorgenommen, insbesondere werden die Gussnäthe abgemeisselt oder auch auf Schleifsteinen, bezw. Schmirgelscheiben abgeschliffen. (Ueber Schleifsteine und Schmirgelscheiben, vergl. die Schluss-Abtheilung des gegenwärtigen Kapitels). —

10. Allgemeines über Beschaffenheit, Formgebung, Bearbeitung etc. etc. von Guss-Gegenständen für Bauzwecke. In sehr vielen Fällen wird beim Eisenguss, um gewisse bestimmte Eigenschaften des Gussstücks zu erreichen, eine Mischung mehrer Roheisen-Sorten („Marken") erforderlich sein, da letztere, je nach Herkunft und Behandlung bei der Fabrikation, im einzelnen sehr verschieden geartet sind. Ebenso werden die Gussstücke zu ihrer Vollendung meist einer mehr oder weniger weit gehenden Bearbeitung mit Hand-Arbeitsgeräthen oder Werkzeug-Maschinen zu unterziehen sein. Da die genaue Bekanntschaft mit den zahlreichen Roheisen-Marken, bezw. den sehr wechselnden Arbeits-Prozessen im allgem. nur bei dem Hüttenmann und dem Giesserei-Techniker zu finden sein wird, empfiehlt es sich, aus Kontrakten über Guss-Gegenstände detaillirte Bestimmungen über den Fabrikations-Prozess der Gegenstände fort

zu lassen und die technischen Bedingungen der Kontrakte auf die Festsetzung der Haupt-Eigenschaften, die das fertige Stück besitzen soll, zu beschränken. Das was nach dieser Richtung hin insbesondere zu beachten ist, generell klar zu legen, ist der Zweck der folgenden allgemeinen Bemerkungen:

Rohe, starke Gussstücke sollen weich sein, d. h. sich mit Feile, Meissel, Bohrer, Dreh- und Hobelstahl gut bearbeiten lassen. Eisen von diesen Eigenschaften ist i. d. R. nicht sehr dünnflüssig und wird daher der Guss, namentlich bei grossen Stücken, nicht besonders sauber und scharfkantig ausfallen. —

Gussstücke, an denen wenig zu bearbeiten ist, welche etwa nur roh abgehauen, d. h. nur eingekerbt und gebrochen werden (Röhren etc.), sollen dagegen hart sein, indessen doch nicht so hart, dass Anbohren und Bemeisseln unmöglich ist. —

Kunstguss, Stücke, bei welchen es hauptsächlich auf feine, scharfe Formen ankommt, sind i. d. R. hart. Hierher gehören z. B. auch Treppen-Traillen, Gitter, Ofenplatten etc. etc. —

Uebrigens ist bei jedem Gussstück die äussere Kruste, etwa $\frac{1}{2}$ mm dick, immer hart und schwer feilbar. Beim sogen. Hartguss, welcher in eisernen Formen gegossen wird, ist die Kruste viel dicker und der Guss überhaupt fester. Da die Formen sehr theuer sind, so wird die Herstellung relativ theuer. Nur einzelne Fabriken sind auf die Herstellung von Hartguss eingerichtet. —

Hinsichtlich der Formgebung von Gussstücken gilt das Folgende ganz allgemein:

Der herzustellende Körper muss so geformt werden, dass es mindestens eine — besser mehre — Flächen, die wo möglich Ebenen sind, giebt, auf welcher projizirt alle Kanten des Körpers Linien geben, die in der Zeichnung sichtbar sind. Eine solche Fläche wird der Modelleur als Trennungsfläche für sein Modell wählen. Erwünscht ist es, nur eine Trennungsfläche zu haben, die man bei groben Stücken immer zu erzielen suchen muss, während man bei sogen. Kunstguss weniger rigoros zu sein braucht, da es möglich ist, sekundäre Trennungsflächen zu wählen, freilich nur unter entsprechender Kosten-Vermehrung. Als Hülfsmittel bleibt indess auch die getrennte Herstellung einzelner Theile, z. B. solcher, die, mit dem Hauptkörper zusammen hängend, sogen. Unterschneidungen etc. geben, und Verbindung durch Kitten oder Schrauben übrig. — Höhlungen von einfachen Rotationskörpern verursachen beim Guss keine nennenswerthen Schwierigkeiten; gewundene oder verzettelte Hohlräume machen indess den Guss theuer, weil er leicht misslingt, und schaden auch der Qualität. — Zahlreiche kleine Löcher werden, besonders wenn es auf Genauigkeit der Lage ankommt, — Löcher für Bolzen etc. — besser nicht durch den Guss erzeugt, sondern nachträglich eingebohrt. — Im übrigem kommt es bei allen hier hervor gehobenen Rücksichten sehr auf die Anzahl der Wiederholungen des Gusses an; je zahlreicher die Wiederholungen sind, um so weniger Strenge ist bei der Formgebung des Gussstückes anzuwenden nöthig. —

Die Form hat auch einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität des Materials. Je kompakter das Stück, je gleichmässiger die Wandstärken, bezw. die Massen vertheilt sind, desto besser wird der Guss ausfallen. Zarte Verbindungs-Stege zwischen massigen Gusstheilen reissen leicht ab — oder was schlimmer ist, weil es kein Mittel giebt, diesen Fehler zu erkennen — bekommen initiale Spannungen, welche später, durch gewisse Inanspruchnahmen des Gussstücks vermehrt, den Bruch herbei führen. Stücke von grosser Länge, dünne Platten etc.

sind in Folge dieser Guss-Spannungen, die von der ungleichmässigen Abkühlung des Gusses herrühren, kaum exakt in der Form herzustellen; daher müssen z. B. Krümmungen bei geraden Trägern von $\frac{1}{400}$ der Länge, bei Säulen von $\frac{1}{500}$, bei dünnen Platten von $\frac{1}{300}$ und Ungleichmässigkeiten in den Wandstärken bei Röhren, Säulen und Platten, von $\frac{1}{10}$ plus oder minus gegen das Mittel, selbst guten Giessereien tolerirt werden. —

Die Wandstärken von Gussstücken dürfen aus Rücksichten auf Herstellungs-Möglichkeit, Transportfähigkeit etc. etc., gewisse Grenzen nicht unterschreiten. Grobe Gusstheile sollten nicht unter 8—10^{mm} Wandstärke haben; tragende Säulen nicht unter $\frac{1}{10}$ des Durchmessers. Einfache Massen-Artikel, welche keine grosse Last tragen und nicht bearbeitet werden, als Dachluken, kleine Gefässe, Abflussröhren, Oefen etc. können mit Wandstärken von 3—6^{mm} hergestellt werden. Röhren, die keinem nennenswerthen inneren Drucke zu widerstehen haben, müssen beispielsw. mindest. erhalten: bei 50^{mm} Durchm. 2^{m} Länge, 7^{mm} Wandstkrke, bei 150^{mm} D. 3^{m} Länge, 9,5^{mm} Wdst., bei 300^{mm} D. 3,5^{m} L, 11^{mm} Wdst., bei 500^{mm} D. 4^{m} L., 12^{mm} Wdst. — Röhren und Säulen sollten, im Interesse der möglichsten Gleichheit der Wandstärke, stets stehend — nicht liegend — gegossen werden. —

Bearbeitung von Gusstheilen. Ausrichten von langen Stücken einfacher Form ist in sehr beschränktem Maasse durch Hämmern (Strecken der kürzeren Fasern) möglich. Die billigste und ausserdem auch die sicherste Bearbeitung ist diejenige durch Drehen und Bohren. In Bezug auf das Drehen, durch welches sowohl zylindrische als auch ebene Flächen hergestellt werden können, hat man zu beachten, dass nicht einzelne Theile eines Gussstücks ausnahmsweise weit gegen die Rotations-Axe vorspringen, da der Vorsprung die Spitzenhöhe der Drehbank bedingt. Die Bearbeitung auf grossen Bänken ist aber theurer als auf kleinen und kann auch nur in grösseren Fabriken ausgeführt werden. Bänke, auf welchen Guss-Stücke von mehr als 500^{mm} Radius bei 1,5—2,0^{m} Länge, oder mehr als 200^{mm} Radius bei Längen von 3—5^{m} gedreht werden können, finden sich i. d. R. nur in grösseren Fabriken. Fabriken 1. Ranges können Stücke bis etwa 500^{mm} Radius bei 5—8^{m} Länge drehen, doch thut man gut, bei Annäherung oder Ueberschreitung der oberen Grenzen vorher über die Hülfsmittel der Fabrik sich zu erkundigen. — Hobeln, welches sich zum Bearbeiten von plattenförmigen Stücken, allenfalls auch prismatischen und krummflächig begrenzten Körpern eignet, kann in mittleren Fabriken bei Breiten von 0,5 bis 0,8^{m} und in Fabriken 1. Ranges bei Stücken bis 3 und 4^{m} Breite ausgeführt werden. — Bohren von Hand, bezw. mit der Knarre kann jede Fabrik Löcher bis etwa 60^{mm} Durchm. Maschinen-Bohrung, welche billiger ist, führen fast alle Fabriken bei Löchern bis 40^{mm} Durchm. aus. — Meisseln und feilen lässt sich an jeder Fläche, welche der Hand zugänglich ist, doch ist zu beachten, dass die Handarbeit theuer ist und leicht ungenau wird. —

Verbindung von Gusstheilen. Die Verbindung von Gusstheilen gegen Druck kommt am meisten vor und geschieht durch stumpfes Aufeinandersetzen der Flächen. Sobald ein nennenswerther Druck zu übertragen ist, müssen die Berührungsflächen bearbeitet werden, da z. B. Zwischenlagen von Blei bei unbearbeiteten Flächen nicht im Stande sind, eine gute Druck-Uebertragung herbei zu führen. Bei geringer Inanspruchnahme des Stücks kann die Verwendung von Zwischenlagen allerdings erlaubt sein. —

Die Verbindung gegen Zug geschieht durch schmiedeiserne

Keile oder Schrauben in genau gebohrten Löchern. — Nietungen können nur zwischen einem sehr massiven Gussstück und einem anderen biegsamen Material (Schmiedeisen, Kupfer etc.) erfolgen. —

Einfaches Zusammensetzen von Gusstheilen, wobei keinerlei nennenswerthe Kräfte zu übertragen sind, erfolgt durch Kopfschrauben oder auch Aufkitten; letzteres ist indessen am meisten bei vorgekommenen Bruch oder auch bei Dichtungen in Gebrauch. (Eisenkitt ist eine Mischung von Schwefelblumen, Salmiak und Eisenfeilspähnen, welche mit Harn angefeuchtet wird). Die letzterwähnten Verbindungen kommen beispielsw. auch zur Anwendung, wenn ein gröberes Gussstück Verzierungen, Ornamente etc. erhalten soll. —

Fig. 19.

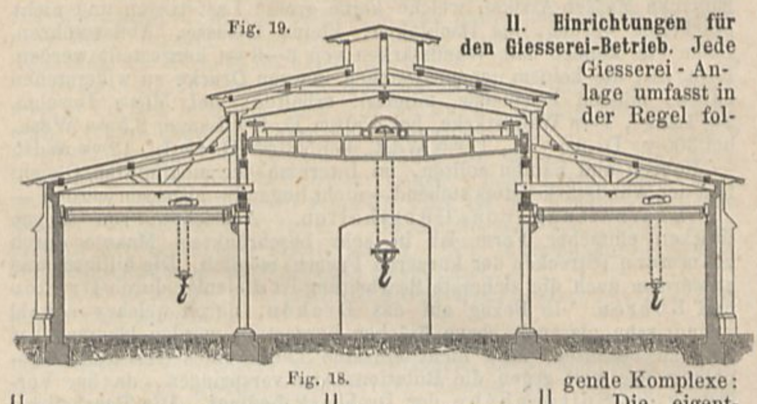
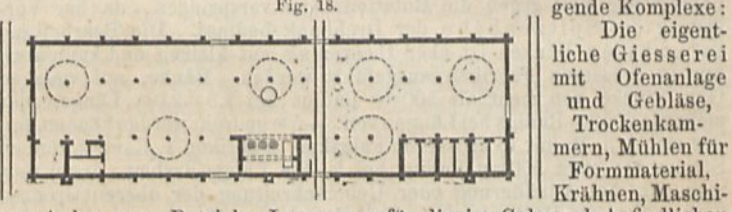


Fig. 18.



II. Einrichtungen für den Giesserei-Betrieb. Jede Giesserei-Anlage umfasst in der Regel folgende Komplexe: Die eigentliche Giesserei mit Ofenanlage und Gebläse, Trockenkammern, Mühlen für Formmaterial, Krähnen, Maschinen-Anlage zum Betriebe, Lagerraum für die im Gebrauch befindlichen Modelle etc., und Gleisen, — alles in gedecktem Raume.

2. Das Formkasten-Lager mit Krahn-Einrichtung und Gleisen — im Freien.

3. Die Putzerei mit Krahn-Einrichtung, Gleisen und Wiege-Vorrichtungen — gedeckte Räume.

4. Die Modell-Tischlerei nebst Lagerraum für fertige Modelle — gedeckte Räume.

5. Lagerräume für Roheisen, Koke, Lehm, Formsand und andere Materialien nebst Gleisen — im Freien. —

Die Fig. 18, 19 geben Grundriss und Querschnitt einer neueren Eisengiesserei für mittleren und schweren Maschinenguss. Das Gebäude hat die Länge von 96^{m}, die Breite des Mittelschiffs ist 12^{m}, die der Seitenschiffe je 7^{m}. Das innere Schienengleis steht mit dem Formkasten-Lager, der Putzerei und den Material-Lagern in Verbindung. Das eine Seitenschiff enthält die Ofen-Anlage, bestehend aus 3 Kupol-Oefen von 5000, 4000 und 2500^{kg} Leistung pro Stunde mit einem Gichtaufzug neben dem Schienengleis. Auf derselben Seite liegen am rechtsseitigen Ende die Trockenkammern, während die 6pferdige Maschine mit Kesselanlage, die beiden Roots-Gebläse

und 2 Mühlen für Formmaterial ausserhalb des Gebäudes in besonderen Räumen unter gebracht sind. Ueber dem Mittelschiff laufen 2 Laufkrähne von je 15000 kg Tragkraft, über dem einen Seitenschiff 2 solche von je 3000 kg Tragkraft, sämmtlich mittels rasch laufender Hanfseile getrieben. Ausserdem sind an 6 Säulen Drehkrähne mit Handbetrieb angebracht, von denen einer eine Grube von 4 m Durchmesser bestreicht. Die Giesserei produzirt pro Jahr ca. 4000000 kg Eisenguss mit etwa 150 Arbeitern. — Die Putzerei, welche gewöhnlich nur zum Putzen mittlerer Gusstheile benutzt wird, enthält nur einen leichten Krahn nebst desgleichen Waage. Grössere Gusstheile werden in der Giesserei geputzt und zum Wiegen mittels Wagen auf eine Brückenwaage geschafft. — Im allgemeinen wird angenommen, das für jeden Former etwa 10 qm Grundfläche der eigentlichen Giesserei erforderlich ist. —

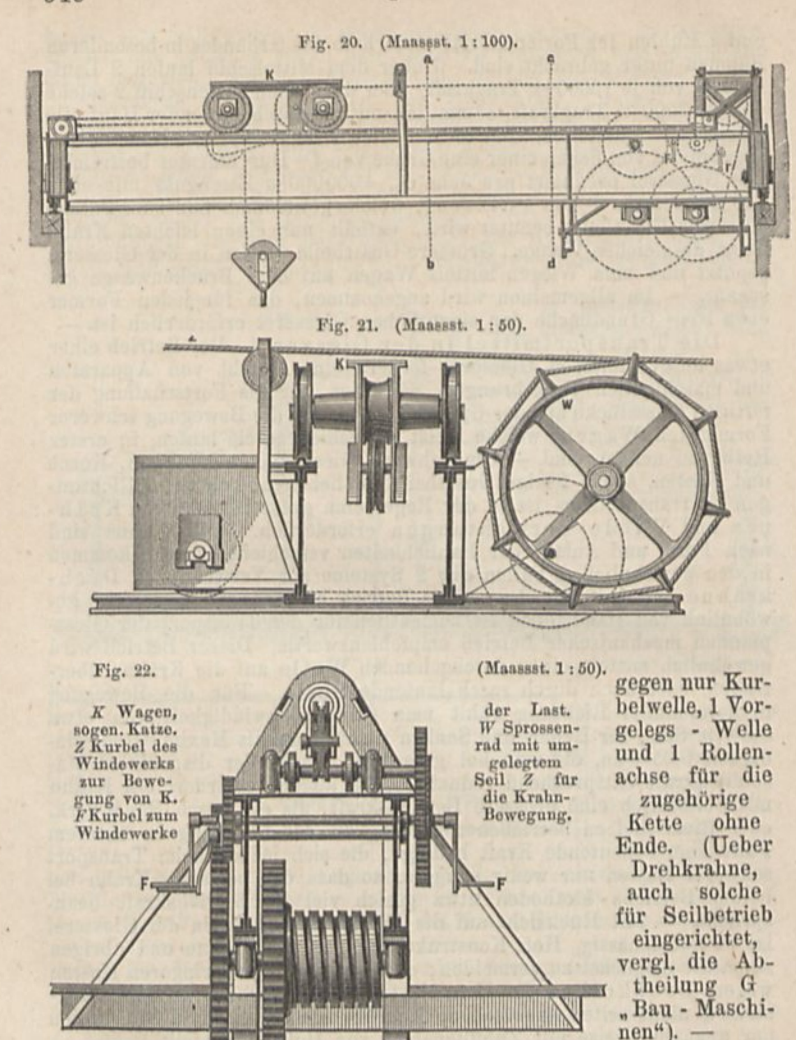
Die Transportmittel in der Giesserei. Der Betrieb einer etwas ausgedehnteren Giesserei fordert eine Anzahl von Apparaten und maschinellen Vorkehrungen, worunter, für die Fortschaffung der fertigen Gussstücke aus der Giesserei, sowie für die Bewegung schwerer Formkasten, Wagen, welche meist auf Schienengleis laufen, in erster Reihe zu nennen sind. — Um schwere Giesspfannen, Formen, Kerne und Kasten, sowie fertige Gusstheile zu heben und in allen Richtungen zu transportiren, ist in der Regel eine grössere Zahl von Krähnen und Winde-Vorrichtungen erforderlich. Die Krähne sind nach Form und Anlage der Baulichkeiten verschieden, doch kommen in den gewöhnlichen Fällen nur 2 Systeme zur Verwendung: Drehkrähne und Laufkrähne. Der Betrieb beider Arten geschieht gewöhnlich von Hand, doch ist namentlich für den Transport der Giesspfannen mechanischer Betrieb empfehlenswerth. Dieser Betrieb wird gewöhnlich mittels einer durchgehenden Welle auf die Krähne übertragen, oder auch durch rasch laufende Seile. Für die Bewegung in horizontaler Richtung wählt man eine Geschwindigkeit von etwa 0,3 m p. Sek., für Heben und Senken nimmt man als Maxim.-Geschwindigkeit 0,05 m an, die man bei grösseren Lasten der disponiblen Maschinenkraft entsprechend reduzirt. — Im allgem. erfordert ein Krahn mit Seilbetrieb eine grössere Betriebskraft, als ein durch Räderwerk, oder Riemscheiben betriebener Krahn, da der Leergang in ersterem Falle eine bedeutende Kraft bedingt, die sich jedoch beim Transport schwerer Lasten nur wenig steigert, so dass der belastete Krahn bei beiden Betriebs-Methoden etwa gleich viel an Betriebskraft beansprucht. — Mit Rücksicht auf die Wärme-Strahlung in der Giesserei ist es zweckmässig, Holz-Konstruktionen für die Krahne und übrigen Apparate möglichst zu vermeiden; doch werden, der geringeren Kosten wegen, Drehkrahne für Handbetrieb eingerichtet, aus Holz konstruirt, nicht selten angetroffen. Laufkrahne werden in Giessereien nur ausnahmsweise mit Zuhülfenahme von Holz hergestellt.

Ein Beispiel einer Laufkrahn-Ausführung ganz in Eisen geben die Fig. 18, 19, 20. Der Krahn hat eine Tragfähigkeit von 25000 kg. Die Haupt-Eigenthümlichkeit der Konstruktion besteht in der festen Aufstellung der Lastwinde, sowohl als des Windewerks zum Bewegen der Katze auf dem einen — rechtsseitigen — Ende des kastenförmigen Krahn-Trägers. Es ist ferner der aus einem Sprossenrad und Zahnrad-Vorgelege bestehende Mechanismus für die Bewegung des ganzen Krahns auf der Mitte der Träger ebenfalls fest angebracht. Die an der einen Träger-Seite entlang gehende Vorgelegs-Welle dient an den beiden Enden zugleich als Achse der Laufräder dieser Seite. Die Lastwinde enthält Kurbelwelle, 2 Vorgelegs-Wellen, Trommelwelle und Leitrollen-Achse, die Winde zum Bewegen der Katze da-

Fig. 20. (Maassst. 1:100).

Fig. 21. (Maassst. 1:50).

Fig. 22. (Maassst. 1:50).



K Wagen, sogen. Katze. *Z* Kurbel des Windewerks zur Bewegung von K. *F* Kurbel zum Windewerke der Last. *W* Sprossenrad mit umgelegtem Seil *Z* für die Krahn-Bewegung.

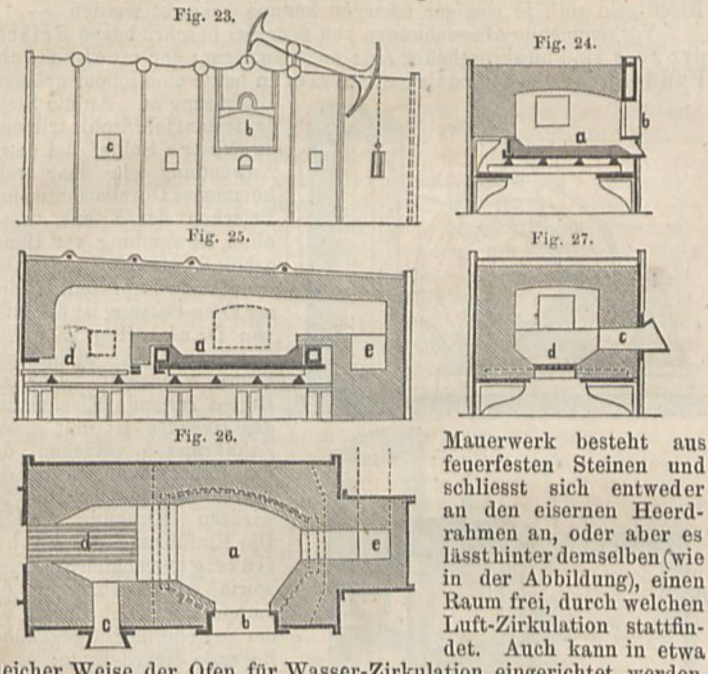
gegen nur Kurbelwelle, 1 Vorgelegs - Welle und 1 Rollenachse für die zugehörige Kette ohne Ende. (Ueber Drehkrahne, auch solche für Seilbetrieb eingerichtet, vergl. die Abtheilung G „Bau - Maschinen“). —

B. Schmiedeisen.

Der Kohlenstoffgehalt geht bis zu höchstens 0,6 %, wodurch das Eisen schweissbar, aber nicht schmelzbar ist. — Die Erzeugung aus Roheisen, bezw. aus Eisenabfällen geschieht durch das Frischen, welches darauf gerichtet ist, den Kohlenstoff - Gehalt bis zu der angegebenen Grenze hinab zu entfernen. Das Frischen wird ausschliesslich in Flammöfen, den Puddelöfen, vorgenommen und nur in wenigen Gegenden in sogen. Frischheerden mit künstlichem Luftzug. Das Frischen im Puddelofen geschieht in den Eisenhütten in 6tägigem, Tag und Nacht ununterbrochen geführtem Betriebe, da eine

öftere Unterbrechung einen Verlust durch Abkühlung der Oefen, ein längerer Betrieb eine Zerstörung der Ofensohle bewirkt. —

1. Puddelöfen (Fig. 23—27). Der gewöhnliche Puddelofen ist ein Flammofen mit vertieftem Heerde und mit etwa 1,2 m Weite. Der Heerd *a* ist von einem gusseisernen Rahmen umfasst, die Sohle besteht aus gusseisernen Platten auf gusseisernen Trägern. *b* ist eine Arbeits-Oeffnung zum Handhaben des Eisens mittels Krücken und Haken; unterhalb *b* liegt der sogen. Schlackenstich; *c* ist das Schürloch, durch welches das Brennmaterial eingebracht wird. Die Flamme geht über den Heerd hinweg durch den Fuchs *e* in einen Schornstein, der mehreren Oefen gemeinsam sein kann. Das



Mauerwerk besteht aus feuerfesten Steinen und schliesst sich entweder an den eisernen Heerdrahmen an, oder aber es lässt hinter demselben (wie in der Abbildung), einen Raum frei, durch welchen Luft-Zirkulation stattfindet. Auch kann in etwa gleicher Weise der Ofen für Wasser-Zirkulation eingerichtet werden. Der Ofen ist äusserlich allerseits mit Eisen-Platten umkleidet und verankert; es können event. 2 Oefen neben einander gebaut und gemeinsam umkleidet werden. Die Heerdsohle wird am besten mit einer Schlacken-Schicht von etwa 0,1 m Dicke bedeckt; am eisernen Heerdrahmen werden Erzstücke mit schwacher Böschung aufgeschichtet und wird diese Schichtung mit Schlacke gefugt und verschmolzen. —

Der Ofen wird (zum Beginn eines 6tägigen Betriebs) mit etwa 1000 kg Steinkohle und innerhalb 6 Stunden angefeuert; darauf wird die aus etwa 200 kg Roheisen bestehende Charge eingebracht, die nach 15 Min. zu schmelzen beginnt. Die geschmolzene Masse, welche sich mit einer Schlackenschicht bedeckt, giebt unter der oxydirenden Wirkung der Feuergase und der Schlacke, bei fortwährendem Aufrühren durch das Arbeitsloch, ihren Kohlenstoff ab (was sich durch ein heftiges Aufkochen kennzeichnet), bis dahin, dass die Beschaffenheit von Schmiedeisen erlangt ist und die Masse sich zusammen

ballen lässt. Der Puddler verarbeitet nunmehr das Eisen auf dem Ofen-Heerde zu sogen. Luppen, welche entweder auf dem Heerde noch einige Zeit liegen bleiben, oder sofort zur weiteren Bearbeitung heraus genommen werden. — Die durchschn. Produktion eines Ofens ist 900 bis 1600^{kg} pro 12 Stunden, welche in 4 bis 9 Chargen gewonnen wird, je nachdem das Eisen schnell oder langsam frischt. Der Brennmaterial-Verbrauch beträgt 800 bis 1400^{kg} Kohle pro 1000^{kg} Luppeneisen. — Vollständig entkohltes Eisen hat sehnige, unvollständig entkohltes körnige Struktur. Ersteres wird, bei raschem Gange des Ofens, in 6 bis 9 Chargen, letzteres, bei langsamem Gange des Ofens, mit Unterbrechung des Frischprozesses, in 4 bis 6 Chargen pro 12 Stunden gewonnen. Je feinkörniger, d. h. je stahlähnlicher das Eisen sein soll, je weniger Chargen können gemacht werden. —

Vorkommende Abweichungen von dem hier beschriebenen Frischprozess sind unwesentlicher Art; dagegen nimmt der mechanische Puddelprozess in rotirenden Oefen heute eine immer grössere Bedeutung an. An die Stelle der festen Heerdsohle tritt eine drehbare Sohle, bei deren Anwendung ein sehr vollkommenes Durcharbeiten und Frischen des Eisens, u. z. ohne Anwendung von Handarbeit, bewirkt wird. Der bedeutendste Repräsentant dieser Ofen-Gattung ist der Ofen von Danks (Fig. 28 u. 29), welcher einen zylindrigen Heerd *a* enthält. Der auf Rollen ruhende Eisenmantel des Heerdes ist mit einem Zahnkranz *b* versehen, der das Uebertragungsmittel der durch Dampfmaschine bewirkten Drehung bildet. Die Einführung des vorher flüssig gemachten Roheisens sowie das Ausbringen der Luppe geschieht durch das der Feuerung gegenüber liegende Heerd-Ende; es ist daher der hier anschliessende Theil *g* des Fuchses so eingerichtet, dass er sich vollständig zur Seite drehen lässt. — Die Oefen werden für Chargen bis zu 600^{kg} gebaut und geben aus jeder Charge eine einzige Luppe. — Für eine Anlage von 12 Danks'schen Puddelöfen mit einer mittleren Produktion von 5000^{kg} in 10 Chargen pro 12 Stunden und pro Ofen sind (zum Schmelzen des Roheisens) 3 Kupolöfen mit abwechselndem Betriebe und 1 Luppenmühle (s. weiterhin) erforderlich. —

Fig. 28.

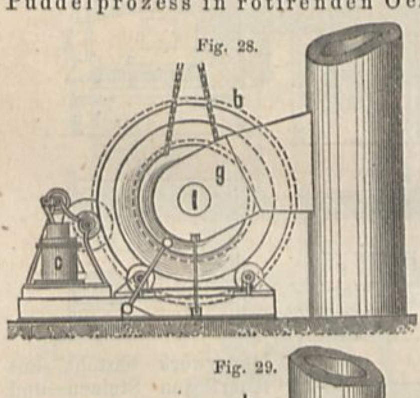
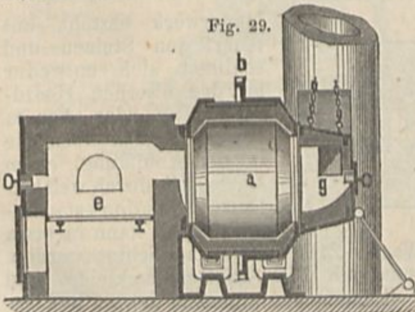


Fig. 29.



Es sind verschiedene Mittel in Anwendung gebracht worden, um bei den Puddelöfen eine Ersparniss an Brennmaterial zu erzielen. Am gebräuchlichsten und zweckmässigsten ist es, mittels der abziehenden Feuergase die zum Betriebe der Hütte erforderlichen Dampfkessel zu heizen. I. d. R. wird je 1 Kessel durch 1 oder 2 Puddelöfen geheizt und bringt man denselben hinter, oder über dem

Puddelofen an. Die Kessel-Konstruktion ist nicht von der der sonst gebräuchlichen abweichend; man kann auf je 100^{kg} Kohlen im Puddelofen etwa 2,5^{kg} Dampf-Erzeugung im Kessel rechnen, wonach sich die Heizfläche des letzteren bestimmt.

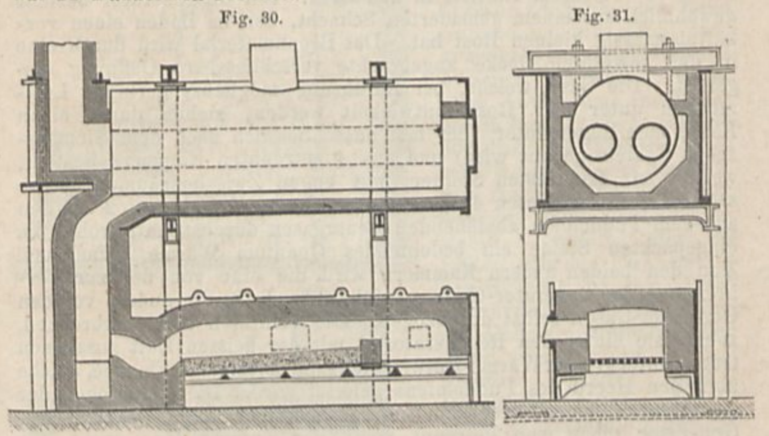
Eine andere, neuere Methode der Brennmaterial-Ersparniss besteht darin, eine Art Gasfeuerung anzuwenden, indem man Brennmaterial in einem sogen. Generator bei geringer Luftmenge und niedriger Temperatur unvollkommen (zu Kohlen-Oxyd) verbrennt und die vollständige Verbrennung der Feuergase erst kurz vor ihrem Eintritt in den Heerd durch Zuführung der noch erforderlichen Luft bewirkt. Die Methode lässt einerseits die Benutzung sehr geringwerthiger Brennmaterialien zu und gestattet andererseits ein vorher gehendes Erhitzen der zur Verbrennung der Gase zugeführten Luft sowie der Gase mittels derjen. Gase, welche abziehen. Bei Anwendung der gewöhnlichen Rostfeuerung ist dies wegen zu hoher Erhitzung der Roste unausführbar. — Eine derartige Anlage erfordert einen Gas-Generator und einen Regenerator zum Erhitzen der Luft und der Gase vor ihrem Eintritt in den Ofen. Der Gasgenerator besteht gewöhnlich aus einem gemauerten Schacht, der im Boden einen verhältnissmässig kleinen Rost hat. Das Brennmaterial wird durch eine in der gewölbten Decke angebrachte verschliessbare Oeffnung eingefüllt. Die Gase, welche, bei Zuführung möglichst geringer Luftmengen unter den Rost, entwickelt werden, ziehen durch einen Kanal zum Regenerator, (der fast ausschliesslich nach dem Siemensschen System gebaut wird) und aus 4 getrennten Kammern besteht, welche mit feuerfesten Steinen, mit engen Zwischenräumen ausgesetzt sind. Von diesen 4 Kammern werden z. Z. jedesmal 2 von den aus dem Puddelofen abziehenden Feuergasen durchströmt, wobei die eingepackten Steine ein bedeutendes Quantum Wärme aufnehmen. Von den beiden andern Kammern wird die eine von der zur Verbrennung der Generator-Gase zuzuführenden Luft, die andere von den Generator-Gasen selbst durchzogen. Die erhitzten Gase verbrennen, sobald sie hinter den Regeneratoren mit der heissen Luft zusammen treten, unter grosser Wärme-Entwickelung und mit starker Flamme, welche über den Heerd des Puddelofens geleitet wird. Die Funktionen der einzelnen Kammern wechseln in regelmässiger Folge. — Den Gas-Generator pflegt man getrennt vom Ofen aufzustellen, event. für mehrere Oefen gemeinschaftlich. Die Regenerator-Kammern liegen gewöhnlich unter oder hinter dem Heerde. Die 4 Kammern eines gewöhnlichen Puddelofens erhalten zusammen etwa 4^{cbm} Inhalt u. z. werden die Kammern für Luft grösser gemacht, als die für Gas. — Es bleibt im allgem. unentschieden, ob es vortheilhafter ist, die aus den Feuergasen des Puddelofens entweichende Wärme mittels Dampfkesseloder mittels Regeneratoren-Anlage auszunutzen. —

2. Schweissöfen. Aus den Luppen werden durch Anwendung von Quetschwerken, Hämmern oder Walzen zunächst sogen. Rohschienen gebildet, aus diesen weiter sogen. Packete. Sowohl zum Erzeugen der Packete, als auch zum Wiedererhitzen der beim Verarbeiten unter Hammer und Walze erkalteten Schmiedestücke ist Schweisshitze erforderlich, deren Erzeugung in Flammöfen, den sogen. Schweissöfen geschieht. Diese Oefen werden wesentlich ebenso gebaut, wie die gewöhnlichen Puddelöfen, jedoch in Bezug auf Form und Abmessungen den zu behandelnden Packeten und Schmiedetheilen entsprechend. Die Sohle besteht immer aus Sandschüttung und findet eine Kühlung des Mauerwerks durch Luftkanäle statt. Zur Ersparung

von Brennmaterial kommen dieselben Mittel, wie bei den Puddelöfen, zur Anwendung: Dampfkessel- oder Regenerativ-Heizung. Letzterer Methode werden Vorzüge, als: Erzielung besserer Qualitäten und geringeres Angreifen des Mauerwerks zugeschrieben und wird daher dieselbe bei Schweissöfen besonders häufig angetroffen. —

Fig. 30 u. 31 stellen einen Schweissofen mit Dampfkessel-Nebenanlage dar; der Schlackenstich befindet sich dabei in einer Senkung im Fuchs. Der Kessel ist an 2 auf Säulen ruhenden Trägern aufgehängt, 2 fernere Säulen dienen zur Unterstützung des Schornsteins. — Grössere Schweissöfen erhalten gewöhnlich mehrere Arbeitsthüren und eine mehr gestreckte Gestalt. Zum Hantieren der Packete benutzt man, so lange dies ausführbar, eiserne Schaufeln und niedrige Wagen, mit denen Packete bis zu 500^{kg} Schwere zu hantieren sind. In den gewöhnlichen Schweissöfen von etwa 1,5^{m} Heerdfläche werden in 12 Stunden 8 bis 10 Chargen von je 500^{kg} gemacht. Der Brennmaterial-Verbrauch ist etwa 40^{kg} Kohle pro 100^{kg} Eisen. Bei einmaligem Ausschweissen kann man 5 Schweissöfen von obiger Grösse auf 12 Puddelöfen rechnen. —

Fig. 30. Fig. 31.



3. Glühöfen. Zum Wiedererhitzen von Blechplatten bedient man sich der Glühöfen, in welchen man auch fertige Platten, die durch das Walzen spröde geworden sind, ausglüht. Bei diesen Oefen ist die Anwendung von Luftkanälen zum Schutze des Mauerwerks nicht erforderlich, und daher auch die Ausnutzung der entweichenden Wärme durch Kessel- oder Regenerativ-Anlagen ungebräuchlich.

Fig. 32 u. 33 stellen einen Glühofen für Platten bis zu 2,5^{m} Breite dar. Die Feuergase entweichen erst nach Passirung von 6 Kanälen *f* in den Fuchs *g*. Die Arbeitsthür *e* liegt dem Roste gegenüber. Der Ofen ist nur durch einzelne äussere Eisenplatten etc. zu verankern. Für einzelne Platten, auch L-Eisen erhalten die Oefen eine gestreckte Gestalt, bei der die Flamme den Einsatz der Länge nach bestreicht. —

4. Hämmer. Jeder mechanisch betriebene Hammer besteht im wesentlichen aus einem festen Gestell mit der Hammerführung, einem festen Ambos und dem beweglichen Hammer. Die Fallwirkung des Schlages wird bei einzelnen Hämmern dadurch erhöht,

dass dem Hammer während des Niedergangs durch Pressung eine Geschwindigkeits-Vermehrung ertheilt wird. — Bei allen Hämmern berechnet sich die Stärke des Schlages aus der dem Hammer beim Aufschlagen inne wohnenden mechanischen Arbeit, die derselbe mehr oder weniger vollständig an das Arbeitsstück abgiebt. Sei G das Hammergewicht, v die End-Geschwindigkeit, so beträgt jene Arbeit allgemein: $A = G\frac{v^2}{2g}$, wofür man, unter Einführung der entsprechenden (imaginären) Hubhöhe H des Hammers, auch setzen kann: $A = G \cdot H$. Da der Schlag des Hammers theilweise vom Ambos aufgenommen wird, so muss letzterer ein relativ sehr grosses Gewicht erhalten. Es sollte das Ambos-Gewicht dem Ausdruck $G \cdot H$ proportional sein. — Das Gestell ist möglichst unabhängig vom Ambos anzuordnen. (Spezielles über die Konstruktion der Fundamente von Dampfhämmern s. S. 549). —

Fig. 32.

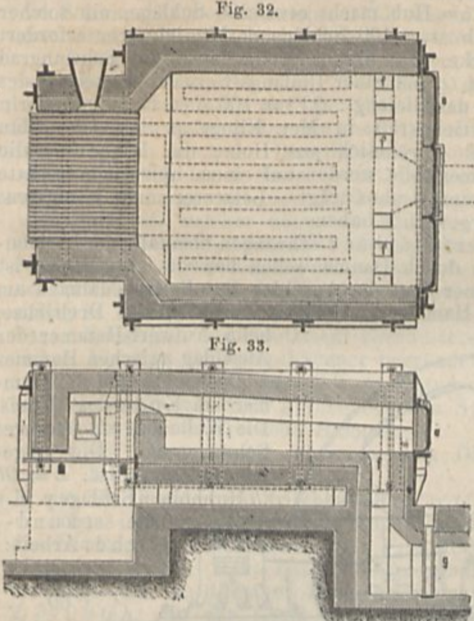


Fig. 33.

Man unterscheidet Hämmer mit rotirendem Betriebe und Dampfhämmer. Erstere werden durch horizontale Daumen-Wellen bewegt; sie haben konstanten Hub und üben daher stets dieselbe Schlagwirkung aus. Eine vergrösserte End-Geschwindigkeit kann durch Anbringung von Federn über dem Hammer in geringem Maasse erzielt werden. Diese Hämmer werden vom kleinsten Gewicht bis zu 10000 kg aufwärts angefertigt, sind aber nur da mit Vortheil anzuwenden, wo Betriebskraft, z. B. Wasserkraft, zur Verfügung steht. — Für leichte Schmiedearbeit, z. B. das Ausstrecken dünner Flachstäbe, führt man diese Hämmer als Federhämmer und als Schwanzhämmer mit einem Hammergewicht bis zu 250 kg aus; für schwerere Arbeit als Aufwerfhämmer und als Stirnhämmer mit dem Hammergewicht von 250 bis 10000 kg. —

Federhämmer haben ein Gestell mit vertikaler Hammerführung, das mit dem Ambos fest verbunden ist und über dem Hammer die mit einem Hebedaumen versehene, durch Riemen in Drehung gesetzte Welle trägt; über dem Hammer liegt eine die Hammer-Geschwindigkeit vermehrende Feder. Ein solcher Hammer von 12 kg Hammergewicht und 0,2 m Hub macht 300 bis 400 Schläge p. M. und erfordert zum Betriebe 0,5 Pfdkr. 100 kg Hammergewicht, 0,4 m Hub und 150 bis 200 Schlägen p. M. bedingen etwa 5 Pfdkr. Diese Hämmer werden gewöhnlich ganz aus Eisen angefertigt. —

Beim Schwanzhammer liegt der Hammer am längeren Ende eines 2armigen Hebels mit horizontaler Achse; das kurze Hebelende

nimmt den Anschlag für den an einer rotirenden Welle befindlichen Daumen auf. Auch bei diesem Hammer wird Federkraft zu Hülfe genommen. Die Hebellänge von der Achse bis zum Kopf beträgt etwa das 6fache des Hammerhubs. Ein Schwanzhammer von 50 kg Hammergewicht und 0,25 m Hub macht etwa 200 Schläge, ein solcher von 250 kg und 0,5 m Hub etwa 100 Schläge p. M.; letzterer erfordert ca. 5 Pfdk. Betriebsstärke. Die Daumenwelle muss ein Schwungrad erhalten, dessen Gewicht Q, bei einer Umfangs-Geschwindigkeit V des Schwungringes, sich aus der Gleichg.: $QV^2 = 100\,E$ kg bestimmt, worin E die erforderliche Betriebskraft in Met. Kilogr. p. Sek. ist. Man fertigt den Hammerstiel gewöhnlich aus Holz; die Lager für die Drehachse und die Daumenwelle werden auf einem hölzernen Gerüste befestigt, welches auch den Ambos trägt. Letzterer muss wenigstens das 6fache des Hammergewichts haben. —

Stirn- und Aufwerf-Hämmer schwingen ebenfalls um horizontale Achsen und werden durch Daumenwellen bewegt. Der Hebel ist 1armig; beim Stirnhammer liegt der Anschlag für die Hebedaumen am Ende desselben und der Hammer zwischen Anschlag und Drehachse, beim Aufwerf-Hammer der Anschlag zwischen Hammer u. Drehachse und der Hammer am Ende des Hebels. Die Welle hat ein schweres Schwungrad. Die abgegebene Arbeit ist: $L = Gh$ (h Hubhöhe n Schläge p. M.), die sekundliche Arbeit:

$$L_1 = \frac{Ghn}{60}$$

und die erforderliche Kraft in Pfdk., bei 80 % Nutzeffect:

$$N = \frac{Ghn}{3600}.$$

Fig. 34.

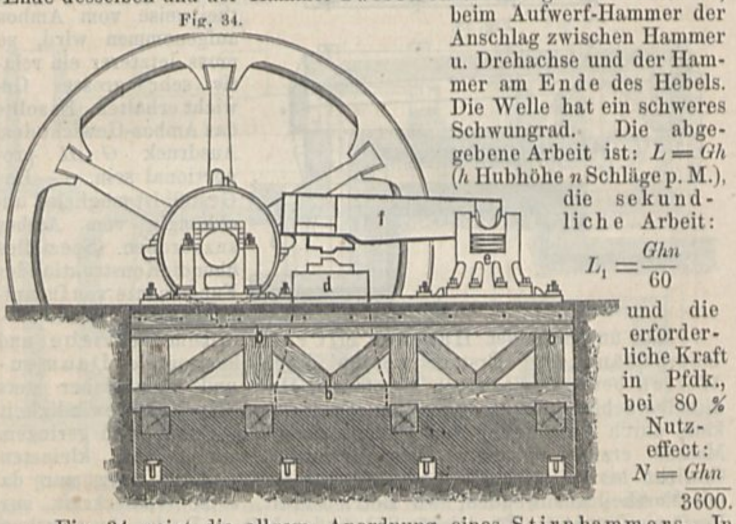


Fig. 34 zeigt die allgem. Anordnung eines Stirnhammers. In den Hammer, der mit dem Stiel ein Gussstück bildet, sowie in den Ambos d ist die sogen. Hammerbahn aus Gusseisen eingesetzt, deren Form mit der Art der Schmiedestücke wechselt. — Die Konstruktion der Aufwerf-Hämmer ist ganz gleichartig wie hier, nur dass die Daumenwelle bedeutend tiefer liegt und die Daumen anders geformt sind. Beide Hämmer-Arten finden vornehmlich zum Zängen der Luppen Anwendung und kommen sowohl als leichte Luppen-Hämmer mit 250 bis 500 kg als auch als schwere Luppen-Hämmer von 2000 bis 4000 kg Hammergewicht vor; letzteres soll wenigstens das 10fache des Luppen-Gewichts sein. Hämmer von 500 kg Gewicht erhalten 0,4 m Hub und machen höchstens 90 Schläge p. M.; der Kraftbedarf ist 5 Pfdk., die Produktion in Rohschienen etwa 100 kg pro Stunde. Grössere Hämmer erhalten bis zu 0,6 m Hub, bei 60 Schlägen p. M. — Ein Stirnhammer von 3000 kg Gewicht, 0,5 m Hub und 60 Schlägen p. M. erfordert 25 Pfdk. und liefert etwa 1000 kg ausgestreckte

Rohschienen p. Stunde; er genügt also für die Produktion von 10 bis 12 Puddelöfen. — Dem Ambos pflegt man das 6- bis 8fache Gewicht des Hammers zu geben, je nach der End-Geschwindigkeit des Hammers. Für das Schwungrad gelten dieselben Verhätnisse, wie für die Schwanzhämmer; dasselbe erhält wegen seiner geringen Umfangsgeschwindigkeit ein sehr beträchtliches Gewicht. —

Die grösseren Hämmer mit rotirendem Betriebe werden mehr und mehr durch Dampfhämmer verdrängt, da diese Vorzüge besitzen, welche sie namentlich für die Herstellung besserer Eisensorten und die erste Verarbeitung der aus dem Schweissofen kommenden Packete unentbehrlich machen. Dampfhämmer werden fast ausschliesslich so ausgeführt, dass der in einer vertikalen Führung des Bock-Gestells bewegliche Hammer mit der Kolbenstange eines Dampfzylinders fest verbunden ist, welcher über dem Hammer steht. Der Kolben fällt durch sein Gewicht, event. beschleunigt durch Oberdampf. Durch die Konstruktion der Steuerung ist es möglich, den Hub nach Belieben zu verändern und dem den Hammer bedienenden Arbeiter jeden Schlag völlig in die Gewalt zu geben. Eben hierin, so wie in der durchführbaren Reduktion der Fundament-Erschütterungen sind die eigenthümlichen Vorzüge der Dampfhämmer begründet. — Dampfhämmer werden in sehr kleinen Dimensionen bis zu irgend ausführbaren Grenzen hinauf hergestellt und nach 3 verschiedenen Systemen gebaut:

1) als einfach wirkende Hämmer;
2) als Hämmer mit übertretendem Oberdampf und verdickter Kolbenstange;
3) als Hämmer mit frischem Oberdampf. —

Die einfach wirkenden Hämmer lassen den Dampf während des Niedergangs des Hammers ins Freie entweichen und der Raum über dem Kolben steht mit der Atmosphäre in ungehinderter Verbindung. Die im Hammer beim Aufschlagen enthaltene Arbeit ist: $L \cong 0{,}9\, G h$. In der Regel findet die Umsteuerung des Hammers selbstthätig statt. Der Dampf tritt zum raschen Heben mit einer etwas höheren Pressung ein, als dem Hammergewicht entspricht. Bei der Pressung = 1,5 der nothwendigen ist höchste, bei selbstthätiger Steuerung erreichbare Hubzahl n:

bei h =	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0^{m}
n =	85	75	60	50	45

Man macht den Ambos 6 bis 8mal so schwer als den Hammer, bei grösserem Hube schwerer als bei kleinem, da die vom Hammer abgegebene Arbeit mit dem Hube wächst. —

Die Hämmer mit übertretendem Oberdampf sind mit sogen. verdickter Kolbenstange versehen; der Zylinder ist oben durch Deckel geschlossen. Am Ende des Hubes wird die Einströmung unten geschlossen und eine Verbindung zwischen dem oberen und unteren Raume des Zylinders hergestellt, so dass sich der Dampf nunmehr in beiden Räumen ausbreitet, indem er mit einem der Differenz der Kolbenflächen auf beiden Seiten entsprechenden Druck auf Fall-Beschleunigung des Hammers wirkt; beim folgenden Aufgange entweicht der Dampf ins Freie. Auch bei diesem Hammer kommt ein höherer Dampfdruck, etwa vom 1,5fachen des zum Heben des Hammers erforderlichen, zur Anwendung. Die grösste erreichbare Hubzahl ist nur wenig höher, die Leistung jedoch um 30 % grösser als beim einfach wirkenden Hammer von gleichem Hammergewicht (G) und Hub (h). Man macht hier wie dort $h = \frac{1}{40} \sqrt{G}$ und den Ambos 6 bis 8 mal schwerer als den Hammer. —

Bei den Hämmern mit frischem Oberdampf wirkt der Dampf

auf den Kolben ganz in derselben Weise, wie bei gewöhnlichen Dampfmaschinen. Es wird hierdurch eine wesentliche Fall-Beschleunigung hervor gebracht und kann man ohne Gefahr zum Heben des Hammers Dampf von bedeutend höherem Druck, als erforderlich ist, eintreten lassen, wodurch diese Hämmer zu einer sehr hohen Anzahl von Schlägen p. M. befähigt werden. — Die grösseren Hämmer, von mehr als 500^{kg} Hammer-Gewicht, erhalten gewöhnlich keine selbstthätige Steuerung für den Aufgang und können sowohl, mit als ohne Oberdampf arbeiten. — Nimmt man an, dass der Hammer mit 1,5 fachem Druck gehoben wird, so erhält man als grösste Hubzahl n p. Min.:

für h =	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0^m
n =	120	100	85	72	65

Hierbei beträgt die dem Hammer am Ende des Niedergangs innewohnende Arbeit: $L \cong G \cdot 2h$. Darnach empfiehlt es sich, den Ambos möglichst schwer zu halten, wenigstens gleich dem 12fachen des Hammer-Gewichts; doch können durch richtige Behandlung des Hammers auch bei kleinerem Verhältniss allzu heftige Erschütterungen des Fundaments wohl vermieden werden. —

Vergleicht man die 3 Dampfhammer-Systeme, so findet man, dass das Verhältniss von Dampfverbrauch zu Leistung bei den einfachen Hämmern und den Hämmern mit frischem Oberdampf gleich, bei den Hämmern mit übertretendem Oberdampf um 30 bis 40 % günstiger als bei jenen ist. Dagegen ist Schlagstärke und Hubzahl bei den Hämmern mit frischem Oberdampf bedeutend grösser als bei den anderen Systemen, wenn bei jenen gleiches Hammergewicht, entsprechend kleinerer Zylinder-Durchm. und gleicher Hub vorhanden ist. —



Fig. 35.

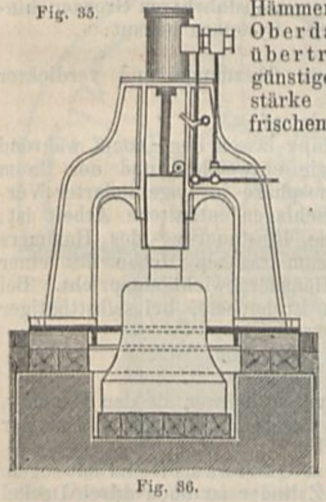


Fig. 36.

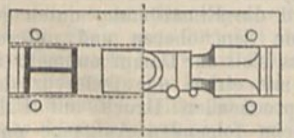


Fig. 35 u. 36 stellen einen Dampfhammer für Oberdampf dar, der mit einem Druck von etwa 2 Atm. arbeitet. Die Steuerung geschieht durch einen Kolbenschieber vom Querschnitt eines gewöhnlichen Muschelschiebers, welcher von Hand bewegt werden kann, übrigens am Ende des Hubes selbstthätig umsteuert, so dass das Anrennen des Kolbens gegen den Zylinder-Deckel vermieden wird. Es ist ferner ein Dampf-Absperr-Ventil angebracht, dessen Spindel durch Drehung eines Hebels bewegt wird, der in der Nähe des Steuerungshebels liegt, und durch welches Hub-Geschwindigkeit und Schlagstärke regulirt werden. Durch entsprechende Handhabung des Steuerhebels lässt man den Hammer mit oder ohne Oberdampf, mit grossem oder geringem Hub, arbeiten. —

Alle grösseren Hämmer zeigen im Aufbau die gleiche Anordnung, wie der in Fig. 35, 36 skizzirte, während Hämmer bis etwa 700^{kg} Hammer-Gewicht hinauf mit einseitigem Bockgestell ausgeführt werden. —

Als Luppen-Hämmer erhalten die Dampfhämmer ein Hammer-Gewicht von 1000 bis 2500^{kg}, aber bei Aufführung mit Oberdampf-Wirkung genügt die Hälfte hiervon. Für Schweissarbeit giebt man dem Hammer etwa das 8fache, bezw. nach Vorstehendem das 4fache Gewicht des

auszuschmiedenden Packets. — Hämmer für grössere Packete und Schmiedestücke müssen mit passenden Drehkrähnen zum Tragen des Arbeitsstücks versehen sein und es müssen für das Zusammenschweissen von Stäben 2 solcher Drehkrähne angebracht werden. —

Ein für sichere und günstige Funktionirung eines Dampfhammers, wie nicht minder für die Fernhaltung schädlicher Erschütterungen von benachbarten Bautheilen wichtiger Theil der Hammer-Konstruktion ist die Fundamentirung, die besonders bei mangelhaftem Baugrund, mit grosser Sorgfalt behandelt werden muss. Sehr allgemein werden zur Verminderung der Heftigkeit der Rückschläge auf die Kolbenstange und Reduktion der Arbeits-Verluste etc., Holzlagen zwischen Ambos-Unterstützung (Chabotte) und gemauertem Fundament eingelegt; (vergl. die Fig. 35). Der Fundamentkörper wird so gross bemessen, dass das Gewicht desselben das 40 bis 80 fache des Hammergewichts beträgt.

Fig. 37.

Fig. 38.

Fig. 39.

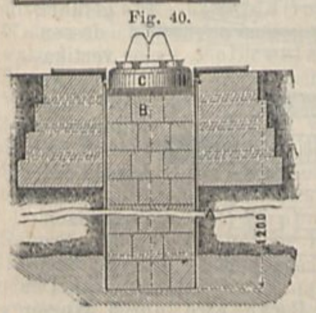


Fig. 40.

Eine Fundament-Ausführung bei einem 12 Zentn. Hammer, wie sie für gemischten, die Erschütterungen weit fortpflanzendem und nicht sehr tragfähigem Baugrunde mehrfach zur Anwendung gekommen ist, zeigen die Skizzen Fig. 37 u. 38. Die Eigenthümlichkeit der Konstruktion besteht in der Anwendung eines Blechkastens (von 1 cm Wandstärke), der das gesammte Mauerwerk (auch in Betonschüttung herzustellen) umschliesst. 8 hindurch reichende Eisen-Anker dienen dazu, das Gestell auf dem Fundament fest zu setzen und gleichzeitig die Zwischenlagen aus Holz zu halten. Die Fugen sind möglichst enge zu mauern und mit nicht schwindendem Mörtel (Zement) zu füllen.

Bei der beschriebenen Konstruktion bildet das Fundament für Ambos und Hammer-Gestell ein einziges Ganzes. Mehre Konstrukteure halten im Interesse der guten Funktionirung des Hammers (befördert durch Fernhalten der Erschütterungen vom Gestell), eine Zerlegung

des Fundaments in 2 Theile (s. oben), die bezw. für Ambos und Gestell bestimmt sind, für zweckmässig, bezw. nothwendig. Aus derartigen Rücksichten sind die Konstruktionen Fig. 39 u. 40 hervor gegangen, bei denen die beiden Fundament-Theile unabhängig von einander aufgeführt sind. Während Fig. 39 für eine Anlage auf sogen. gutem Baugrund bemessen ist, ist Fig. 40 für schwierige Bodenverhältnisse — 12m tiefe Lage des sichern Baugrundes — bei einem 200 Z.-Hammer zur Ausführung gekommen. Zur Absenkung des Fundamentkörpers wurde zunächst ein unten offener Blech-Zylinder hinab gebracht. —

5. Luppen-Quetsche und Luppen-Mühle. Die beiden Apparate dienen lediglich dazu, die frische Luppe soweit vorzuarbeiten, dass sie der Luppen-Walze übergeben werden kann. Die Luppen-Quetschen wirken nach Art einer Zange, zwischen deren Backen die Luppe zusammen gedrückt, gestreckt und gestaucht wird; sie dienen vornehmlich zum Verarbeiten schlackenhaltiger Luppen, während schlackenfreie Luppen entweder direkt in die Walze gehen oder auch erst nach Passirung der sogen. Luppen-Mühle; letztere wirken lediglich in streckender Weise. Die sehr reinen und gleichartigen Luppen, die in Danks'-schen Puddelöfen erfolgen, werden immer nur in der Luppen-Mühle gezängt.

Die Luppen-Quetsche, Fig. 41, 42, besteht aus einem festen Bock und einer schwingenden Backe, Kurbel und Räder-Uebersetzung, die entweder mittels Vorgelege oder auch direkt durch die Kolbenstange eines Dampf-Zylinders bewegt wird. Die Backe macht etwa 60 bis 90 Hübe p. Min. Die erforderliche Betriebskraft ist 8 bis 10 Pfdk. 1 Luppen-Quetsche genügt für je 10 bis 12 Puddelöfen. Diese Maschinen werden, für doppelte Leistungsfähigkeit, auch mit 3 armigem Hebel ausgeführt, dessen vertikaler Arm die Bewegung überträgt, während jeder der beiden horizontalen Arme als Backe wirkt.

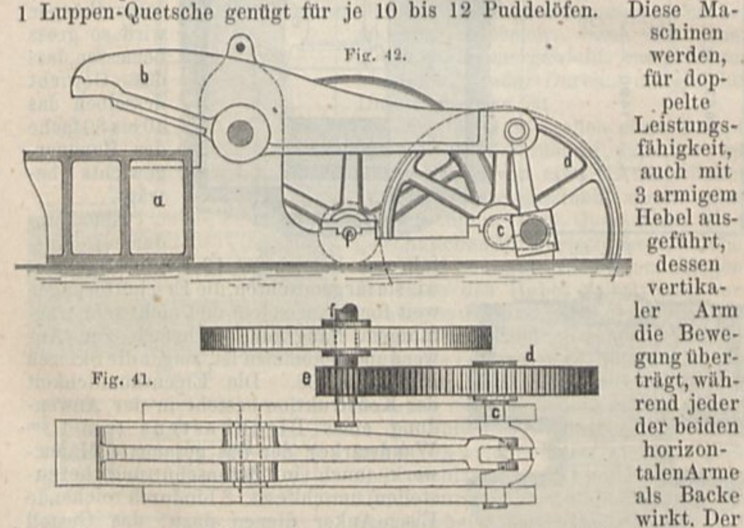


Fig. 41.

Der hohle Bock *a* der Figur, mit der unteren Backe, wird durch Wasser gekühlt; die engste Stelle des Mauls ist etwa 0,05 m weit, so dass die Luppen bis auf 0,06 m Dicke ausgestreckt werden, während am vorderen Ende eine Stauchung auf 0,25 m stattfinden kann. —

Die Luppen-Mühlen werden in sehr verschiedenartigen Konstruktionen ausgeführt; gewöhnlich bestehen sie aus einem fest gelegten hohlen Halb-Zylinder mit inneren Längsriefen und einer in diesen

langsam rotirenden Walze mit entsprechenden äusseren Riefen, welche exzentrisch im Mantel gelagert ist, so, dass zwischen beiden Körpern ein sich von der Dicke der rohen Luppe zur Dicke der ausgestreckten Luppe verjüngender, sichelförmiger Schlitz gebildet wird. Die Luppe wird, während die Walze mit 8 bis 12 Umdrehungen p. M. rotirt, an der weiten Seite eingeführt und bewegt sich an der Mantelfläche, bei entsprechender Streckung, entlang.—Derartige Maschinen werden für Luppen aus den gewöhnlichen Puddelöfen mit vertikaler Walze und Mantelstellung ausgeführt. Die Walze wird mittels Räderwerk von einer mit Schwungrad versehenen Vorgelegs-Welle getrieben. Die Betriebskraft ist etwa 6 Pfdk.

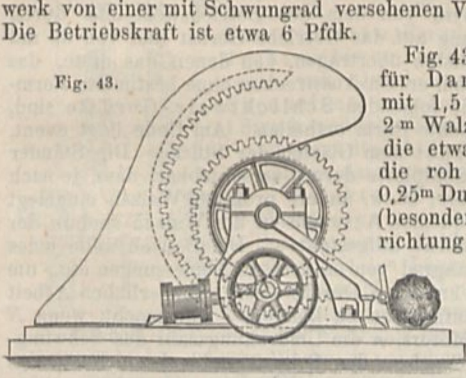

Fig. 43.

Fig. 43 stellt eine Luppen-Mühle für Danks'sche Puddelöfen mit 1,5 m Walzen-Durchm. und 2 m Walzenlänge dar, auf welcher die etwa 600 kg schwere Luppe, die roh 0,5 m Durchm. hat, zu 0,25 m Durchm. gestreckt wird. Die (besondere) Maschine ist mit Einrichtung zum Einlegen der Luppe mittels eines durch Dampf bewegten Hebels versehen; es sind ferner in der Austritts-Oeffnung Messer zum Zerschneiden der Luppe während des Austretens angebracht, deren Zahl und Entfernung verändert werden kann. Die Maschine, welche 12 Umdrehungen p. M. macht, genügt für 12 Danks'sche Oefen. —

6. **Walzwerke**. Sie haben den Zweck, die in der Richtung der Rotation zwischen die Walzen geführten, weiss-glühenden Packete und Schmiedestücke ohne weitere Nachhülfe durchzuführen und dabei den Querschnitt auf das durch den freien Raum zwischen den Walzen gebildete Profil zu reduziren. Es werden beim eigentlichen Auswalzen mittels Streck- und Schlichtwalzen stets 2 zusammen gehörige Walzen gleichmässig in entgegen gesetzter Richtung gedreht, beim Nachwalzen mit sogen. Polirwalzen wohl nur eine der Walzen. Jedes Paar enthält in der Regel mehre Kaliber, welche nach einander zur Wirkung kommen. Mit Vortheil wendet man für viele Zwecke 3 Walzen über einander an, von denen die oberen beim Rückgange des Stücks arbeiten. — Die Lage der Walzen zu einander ist während der Walzarbeit entweder unveränderlich oder es wird die eine Walze nach jedem Durchgange vertikal verstellt.

Man unterscheidet: Luppen-Walzwerke, die zur Herstellung der Rohschienen und Platten für Packete aus den mittels des Luppen-Hammers, der Luppen-Quetsche oder Luppen-Mühle vorgearbeiteten, oder auch ganz frischen Luppe in einer Hitze dienen, und Walzwerke für Blech, Flacheisen, Rund- und Quadrateisen, sowie Façoneisen, in welchen die Eisensorten aus vorgeschmiedeten, oder rohen Packeten, bei geringen Qualitäten auch wohl direkt aus Rohschienen oder Luppen, in einer oder mehren Hitzen gestreckt werden.

Jedes Walz-Gerüst besteht aus 2 Ständern zum Lagern der Walzen und dem Getriebe-Gerüst, sowie zum Lagern der Antriebs-Wellen mit 2 ähnlichen Ständern. Zwischen je 2 Walz-Gerüsten, sowie zwischen dem Getriebe-Gerüst und dem ersten Walz-Gerüst sind Kup-

pelungs-Wellen eingeschaltet, wofür sich an den Walzen sowohl, wie an den Antriebswellen, ausserhalb der Lager Verlängerungen von rundlich-kreuzförmigem oder 6eckigem Querschnitt finden. Der Querschnitt der Kuppelungs-Wellen wird absichtlich verschwächt zum Zwecke, dass bei unverhältnissmässigem Widerstande ein etwaiger Bruch stets die Kuppelungs-Wellen trifft, die sich leicht durch neue ersetzen lassen. Aus ähnlichen Gründen sind über den Lagern der oberen Walze hohle Zwischenlagen, die sogen. Sicherheitsbüchsen angebracht, welche bei zu starkem Zapfendruck zerbrechen und so das Lager entlasten. Der Betrieb des Walzwerks wird von dem der Betriebswelle etc. durch eine ausrückbare Kuppelung auf das Getriebe-Gerüst und von da auf eine Reihe von Walz-Gerüsten übertragen, von denen das erste, das Streckwalz-Gerüst, zum ersten Ausstrecken ohne bestimmte Formgebung dient, während die folgenden Schlichtwalz-Gerüste sind, die dem Eisen die gewünschte Form ertheilen. Am Ende liegt event. noch ein Polirwalz-Gerüst zum Glätten der Stücke. Die Ständer der Gerüste sind auf der Sohlplatte derart verschiebbar, dass, je nach Bedarf, längere oder kürzere, bezw. anders profilirte Walzen eingelegt werden können. Zum bequemen Auswechseln der Walzen sind in der Nähe besondere Drehkrähne aufgestellt. — Die Betriebswelle jedes Walzwerks hat ein Schwungrad von so grossen Abmessungen etc., um etwa die Hälfte der zum 1maligen Durchwalzen erforderlichen Arbeit während des Leergangs aufnehmen zu können. Man macht, wenn N die Zahl der Pfdkr. des Motors, n die Umdrehungszahl des Schwungrads p. M., v die Umf.-Geschw. des Schwungrades bezeichnet, das Gewicht des Schwungrades $= 13000000 \frac{\sqrt{N}}{n v^2}$ (kg). —

Ein Luppen-Walzwerk, das zur Herstellung von Rohschienen von etwa 0,08 m Breite und 12 bis 20 mm Dicke dient, besteht aus einem Streck- und einem Schlichtwalz-Gerüst mit Walzen von 0,4 m bis 0,5 m Durchm. und 1,2 m bis 2 m Länge, welche 100 bis 50 Umdrehungen p. M. machen und von denen die untere Walze direkt mit der Betriebswelle gekuppelt ist. Die Streckwalzen enthalten 6 bis 8 Kaliber, die zu gleichen Hälften des Profils in der oberen und unteren Walze liegen und deren freie Oeffnungen sich allmählig auf einen Querschnitt von 0,08 m Breite verengen. Die Schlichtwalzen haben 6 bis 10 rechteckige Kaliber von gleicher Breite, die allmählig auf eine Dicke von 12 bis 20 mm abnehmen, so dass der auf der Streckwalze erzielte Quadrat-Stab von 0,08 m Seite zu einer Rohschiene von 0,08 m Breite und 12 bis 20 mm Dicke wird. Die Kaliber des Schlichtwalz-Gerüstes werden durch Rillen nur in der unteren Walze gebildet; die obere Walze hat vorstehende Ringe, welche in die Rillen der unteren Walze eingreifen. Gewöhnlich lassen sich die oberen Walzen beider Gerüste auf- und niederschrauben, wodurch der Querschnitt der Profile nach Bedürfniss verändert werden kann. —

Ein rasches und günstiges Auswalzen wird durch die Anwendung von drei Walzen über einander in jedem Gerüst erzielt, von denen die oberen beim Rückgange des Stücks zur Wirkung kommen. In diesem Falle ist gewöhnlich die mittlere Walze vertikal verstellbar. In dem Ständer eines solchen sogen. Walzentric, in Fig. 44 dargestellt, geschieht die Verschiebung der Mittelwalze durch 2 Schraubenspindeln a und Schneckenräder, welche von einer Welle gedreht werden. Die untere Lagerschale der oberen Walze wird mittels zweier Stangen durch einen Hebel mit Gegengewicht nach oben gedrückt, so dass die Zapfen dieser Welle stets fest in der oberen Schale liegen, um beim Einbringen der Luppe einen Stoss zu verhüten. —

Ein gewöhnliches Luppen-Walzwerk mit 2 Walzenpaaren erfordert zum Betriebe etwa 40 bis 60 Pfdkr., je nachdem die Luppen mehr oder weniger vorgearbeitet sind, und reicht für eine Produktion von etwa 300000 kg Rohschienen pro Woche, wofür etwa 20 Puddelöfen erforderlich sind, aus. —

Fig. 44.

Die zur Bildung von Packeten ausser den Rohschienen erforderlichen Platten werden durch zeitweises Einlegen von zylindrischen Schlichtwalzen oder mittels eines vorhandenen Blech-Walzwerks hergestellt. — Die Walzwerke zur Fabrikation von Stangeneisen, Rundeisen, von dünnem Walzdraht an bis zu einer Dicke von 0,25 m Durchm., sowie von Quadrateisen, Flacheisen und Façoneisen bestehen bei schweren Profilen aus 1 Streck- und Schlichtwalz-Gerüst, während bei leichten desgl. die Zahl der Gerüste bis auf 7 steigt, unter welchen dann gewöhnlich 1 Polirwalz-Gerüst ist.

Leichte Walzwerke für Bandeisen, Rundeisen bis 0,04 m Durchm. und ähnliche Sorten erhalten Walzen von 0,2 m bis 0,3 m Durchm. bei 0,2 m bis 1 m Länge, welche 500 bis 150 Umdrehungen p. M. machen. Sie haben 3 bis 7 Walz-Gerüste (von denen gewöhnlich die Hälfte Streckwalz-Gerüste sind) event. ein Polirwalz-Gerüst, und liefern pro Schicht à 12 Std. bis zu 8000 kg Waare, je nachdem sie mit 1 oder 2 Schweissöfen arbeiten. Ein solches Walzwerk erfordert 20 bis 50 Pfdk. Betriebskraft.

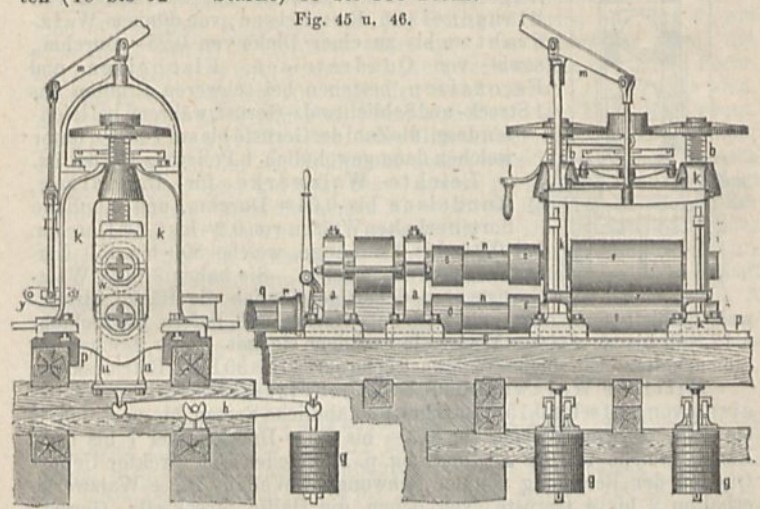
Mittlere Walzwerke für Stangeneisen, Schienen, Rundeisen von 0,04 m bis 0,15 m Durchm. und ähnliche Sorten, bis zu ca. 500 kg Gewicht, erhalten Walzen von 0,3 m bis 0,5 m Durchm. bei 1 bis 1,5 m Länge, welche 120 bis 50 Umdrehg. p. M. machen (bei direkter Uebertragung der Bewegung von der Schwungrad-Welle). Diese Walzwerke erhalten 2 bis 4 Gerüste, von denen die Hälfte Streckwalz-Gerüste sind, und liefern pro Schicht bis zu 50,000 kg Waare; sie bedürfen zu ihrem Betriebe 50 bis 200 Pfdk. —

Schwere Walzwerke für Stangeneisen und Rundeisen von 0,15 m bis 0,25 m Durchm. und ähnliche Sorten, bis zu 3000 kg Gewicht, erhalten Walzen von 0,5 m bis 0,7 m Durchm., bei 1,5 m bis 2 m Länge, welche 80 bis 50 Umdrehungen p. M. (ebenfalls bei direkter Uebertragung der Bewegung von der Schwungrad-Welle auf die Walzen) machen. Diese Walzwerke erhalten 2 bis 3 Gerüste, welche mit besonderen, durch Dampf- oder hydraulischen Druck, resp. Maschinenkraft bewegten Ueberhebe-Tischen versehen sind. Produktion und Betriebskraft sind durchaus von den wechselnden Einrichtungen und Betriebs-Methoden abhängig. —

Blech-Walzwerke (Fig. 45 u. 46) dienen zur Herstellung von Platten, vom schwächsten Schwarzblech bis zu Platten von etwa 30 mm Stärke, bei einer mittleren Breite von 1,2 m, aus Packeten oder Luppen, welche unter dem Hammer durchgeschmiedet und gestreckt worden sind. Die Breite der Packete wird durch das Walzen nicht verändert. Die obere Walze wird nach jedem Durchgange tiefer gestellt. Das Getriebe-Gerüst mit den Ständern *a* und das Walz-Gerüst mit den Ständern *k* sind auf der gemeinschaftlichen Sohlplatte *p* befestigt, *n* sind die Kuppelungs-Wellen mit den Muffen *o*, *h* ist der Stellhebel für die obere Walze; das Gewicht dieser Walze ist durch die Gegengewichte *g* ausbalanzirt. Zum Ueberheben der Platten über die obere Walze nach jedem Durchgange dient ein mit 2 Rollen und Hebeln

zum Heben und Senken versehener Tisch *y*. — Die Blech-Walzwerke erhalten Walzen von 0,5^{m} bis 0,65^{m} Durchm. bei Längen von 1,5^{m} bis 2^{m}, je nach der Breite der Platten, und machen 70 bis 30 Umdrehungen p. M. I. d. R. genügt 1 Gerüst, doch wendet man auch ein zweites als Polirwalz-Gerüst an. Die Tische zum Ueberheben der Platten werden bei schweren Platten mechanisch bewegt und auf beiden Seiten der Walzen angebracht. — Man rechnet im allgem. pro Pfdkr. des Motors ca. 4000^{kg} Blech-Produktion pro Woche. Die Betriebskraft ist für leichte Platten 20 bis 40 Pfdkr., für mittlere Platten (10 bis 12^{mm} Stärke) 60 bis 100 Pfdkr. —

Fig. 45 u. 46.



7. Scheren und Sägen. Man bedient sich der Scheren, um Platten oder runde Stäbe, bis etwa 35^{mm} Dicke, in roth-warmem oder kaltem Zustande, sowie stärkere Stäbe, bis zu 70^{mm} Dicke, in rothwarmem Zustande zu zerschneiden. Stäbe von weniger einfachem Profil oder stärkerem Querschnitt wie vor werden mittels rotirender Kreissägen zerschnitten.

Die Scheren haben ein festes Scherblatt mit gewöhnlich horizontaler Schneidkante und ein bewegliches Blatt mit schwach geneigter Kante. Lange Schnitte, wie sie bei Platten vorkommen, werden mittels kurzer Blätter durch Verschieben der Platte nach jedem Schnitte bewirkt. Es richtet sich daher die Breite der Blätter gewöhnlich nur nach dem Hube des oberen Blatts und der Neigung der Oeffnung, welch letztere 0,10 bis 0,18^{m} beträgt. Für das Schneiden in kaltem Zustande verwendet man Blätter aus gehärtetem Stahl, für roth-warmes Eisen genügen auch verstählte Eisenblätter. Das obere Blatt ist entweder an einem um eine horizontale Achse schwingenden Hebel oder an einem zwischen Führungsleisten auf- und abgehenden Schlitten befestigt. — Bei den Hebelscheren ist die schneidende Kante des oberen Blattes bogenförmig gestaltet, damit in jeder Stellung der sogen. Schneidwinkel derselbe bleibt. Der Betrieb der Hebelscheren geschieht mittels Kurbel und Lenkstange, event. noch Räder-Vorgelege. — Bei leichten Scheren zum Zerschneiden von Rohschienen und Flacheisen in warmem Zustande ist die Hubzahl 40 bis 70, bei schweren Scheren für Blech und kaltes Eisen 10 bis 20 p. M. — Scheren mit

Schlitten-Führung erhalten, wenn sie zum Abschneiden von Stäben dienen, ein Gestell mit vertikalem Schlitz für den Schlitten, wenn sie zum Schneiden von Platten dienen sollen, ein frei ausladendes Bockgestell, bei dem die Ausladung sich nach der Breite der abzuschneidenden Stücke richtet. Der Betrieb geschieht mittels kurzer Lenkstangen durch exzentrische Zapfen. Die Hubzahl dieser Scheren, welche fast immer nur für kaltes Eisen gebraucht werden, beträgt 18 bis 20 p. M. —

Der Schneid-Widerstand ist während der Dauer eines Schnitts sehr variabel, weshalb alle Scheren auf der Antriebwelle ein Schwungrad erhalten. Der mittlere Widerstand bei roth-warmem Eisen beträgt etwa ein Viertel desjenigen beim Schneiden von gleich starkem kalten Eisen; der Widerstand pro Flächeneinheit der Schnittfläche wächst mit der Dicke des Materials. Nach angestellten Versuchen beträgt für kaltes Eisen die mittlere Schneid-Widerstands-Arbeit α in Meter-Kilogr. pro qmm Schnittfläche bei einer Dicke δ des Materials in mm:

für δ =	3	6	8	10	15	20	25	30 mm
„ α =	0,29	0,34	0,37	0,40	0,47	0,54	0,61	0,69 mkg

allgemein $\alpha = 0{,}25 + 0{,}0145\ \delta$ mkg. Ist also die zum Leergang der Maschine erforderliche Betriebskraft N_1, die Schnittfläche (in qmm und pro Sek.) f, so ist die beim Schneiden erforderliche Betriebskraft:

$$N = N_1 + \frac{\alpha f}{75} \text{ (Pfdk.)}$$

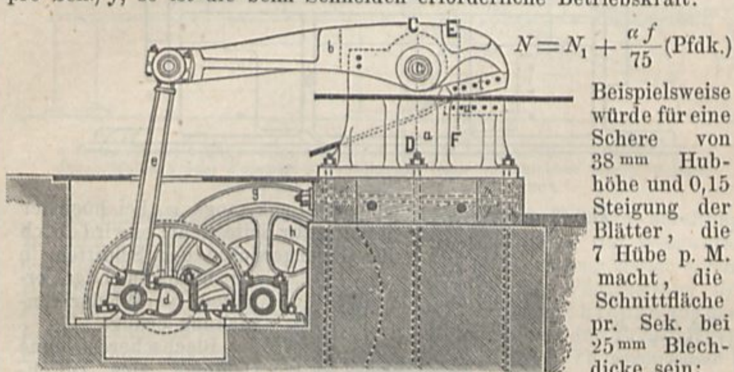


Fig. 47. Hebelschere. *a* fester Bock; *u* festes, *t* bewegliches Scherblatt; *b* Hebel; *e* Lenkstange; *d* Kurbel; *h* Antriebs-Riemscheibe; *g* Schwungrad.

Beispielsweise würde für eine Schere von 38 mm Hubhöhe und 0,15 Steigung der Blätter, die 7 Hübe p. M. macht, die Schnittfläche pr. Sek. bei 25 mm Blechdicke sein:

$$f = \frac{38}{0{,}15}\, 25\, \frac{7}{60} = 740 \text{ qmm}$$

Sind für den Leergang der betr. Schere 0,7 Pfdkr. erforderlich, so werden für den Arbeitsbetrieb der Schere gebraucht:

$$N = 0{,}7 + \frac{0{,}61 \cdot 740}{75} = 7{,}1 \text{ Pfdkr. *)}$$

Hebel-Scheren (Fig. 47 mit beigefügter Legende), werden auch wohl als doppelte Scheren ausgeführt, wobei der Hebel an beiden horizontalen Enden ein Scherblatt trägt, während am dritten vertikalen Arm die Betriebskraft angreift. — Für schwache Bleche wendet man auch wohl Kreis-Scheren an, deren 2 Blätter rotirende Scheiben sind.

Blechschere (Fig. 48 u. 49 mit beigefügter Legende). Beim Querdurchschneiden von Platten muss die Schere während des Durchsteckens ausgerückt werden, was mittels des Hebels h geschieht, indem

*) Die Abscherungs-Festigkeit für kaltes Schmiedeisen ist etwa 2,5 kg pro qmm.

Fig. 48.

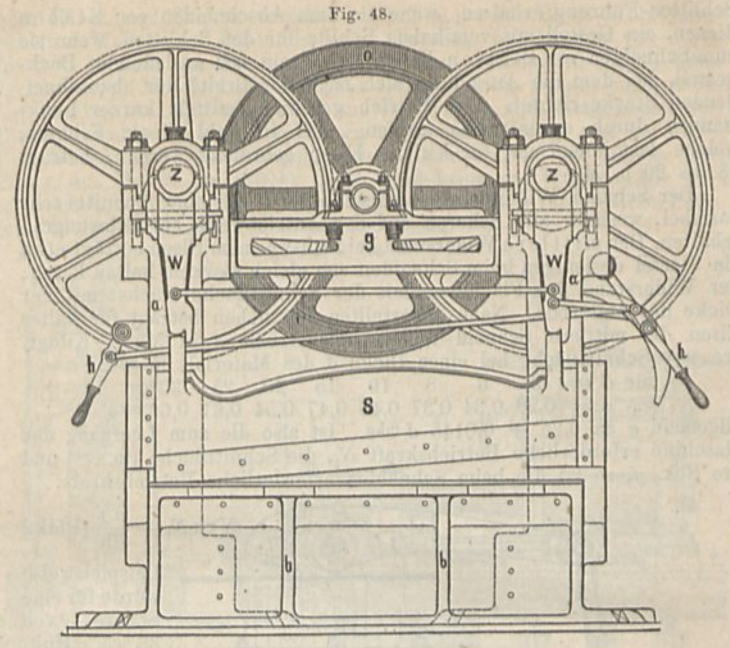


Fig. 49.

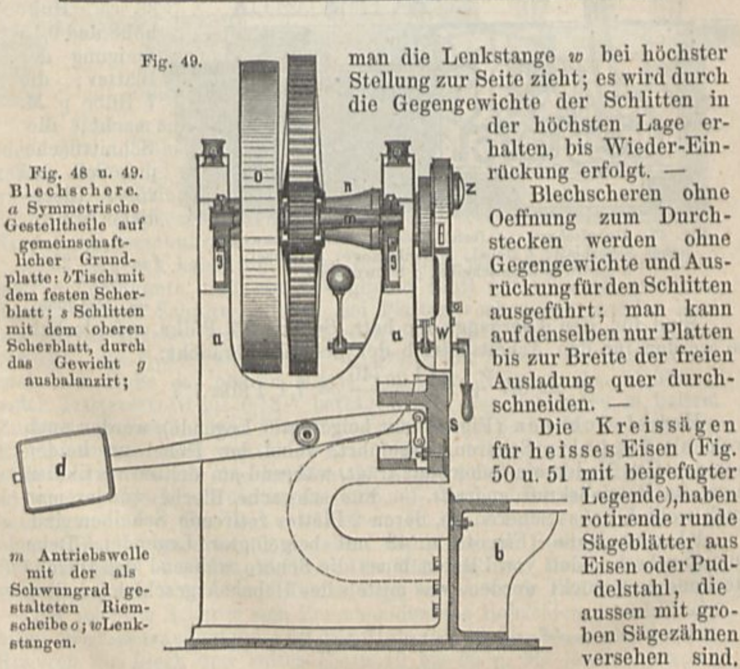


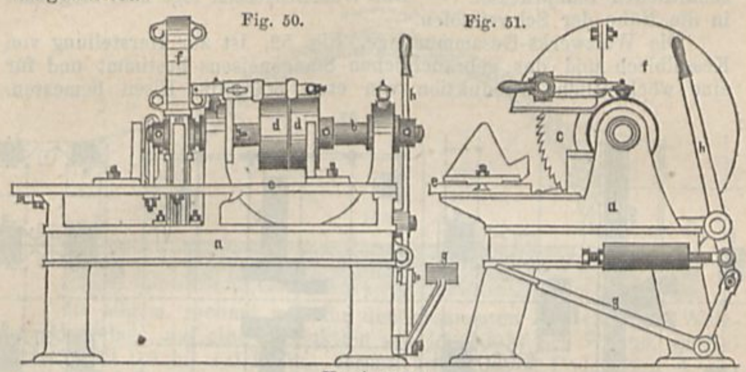
Fig. 48 u. 49. Blechschere. *a* Symmetrische Gestelltheile auf gemeinschaftlicher Grundplatte: *b* Tisch mit dem festen Scherblatt; *s* Schlitten mit dem oberen Scherblatt, durch das Gewicht *g* ausbalanzirt; *m* Antriebswelle mit der als Schwungrad gestalteten Riemscheibe *o*; *w* Lenkstangen.

man die Lenkstange *w* bei höchster Stellung zur Seite zieht; es wird durch die Gegengewichte der Schlitten in der höchsten Lage erhalten, bis Wieder-Einrückung erfolgt. —

Blechscheren ohne Oeffnung zum Durchstecken werden ohne Gegengewichte und Ausrückung für den Schlitten ausgeführt; man kann auf denselben nur Platten bis zur Breite der freien Ausladung quer durchschneiden. —

Die Kreissägen für heisses Eisen (Fig. 50 u. 51 mit beigefügter Legende), haben rotirende runde Sägeblätter aus Eisen oder Puddelstahl, die aussen mit groben Sägezähnen versehen sind.

Das Eisen wird auf einem Schlitten mittels eines Handhebels gegen das rotirende Blatt geschoben, welches man durch Wasserkühlung gegen zu grosse Erhitzung schützt. Man giebt dem Sägeblatt 0,7^{m} bis 1^{m} Durchm., 100 bis 120 Zähne und 3 bis 4^{mm} Stärke bei einer Umf.-Geschw. von 40 bis 50^{m} oder einer Umdrehungszahl = 1000 bis 800 p. M. — Sägen dieses Systems werden vielfach paarweise mit gemeinschaftlichem Antrieb angeordnet, so dass man gleichzeitig beide Enden einer Stange absägen kann (z. B. bei Eisenbahnschienen zweckmässig). Die Entfernung der Blätter ist dann nach Bedarf stellbar eingerichtet. —



Kreissäge.
a fester Tisch; *b* Sägewelle; *c* Säge; *d* Antriebs-Riemscheiben; *e* Schlitten, der durch Hebel *h* oder Fusstritt *g* winklig zur Säge verschiebbar ist; *f* Schutzmantel der Säge gegen glühende Spähne.

8. Einrichtung und Betrieb der Hütten für Schmiedeisen-Bereitung. In allen Hütten für Schmiedeisen-Bereitung bilden die Walzwerke den hervor ragendsten Theil der Geräthe und nennt man daher solche Hütten auch im allgemeinen „Walzwerke“. Die Verarbeitung des Eisens zerfällt in 2 Abschnitte, die Bereitung der Rohschienen aus dem Roheisen und die Bereitung fertiger Produkte aus den Rohschienen. Entsprechend gliedert sich die Anlage, welche im 1. Theil die Puddelöfen, die Apparate zum Zängen der Luppe und das Luppen-Walzwerk umfasst, im 2. Theil die Schweissöfen, event. die Hämmer, und die Walzwerke mit den zugehörigen Neben-Apparaten und Maschinen, als Glühöfen, Richtplatten, Scheren, Sägen etc. enthält.

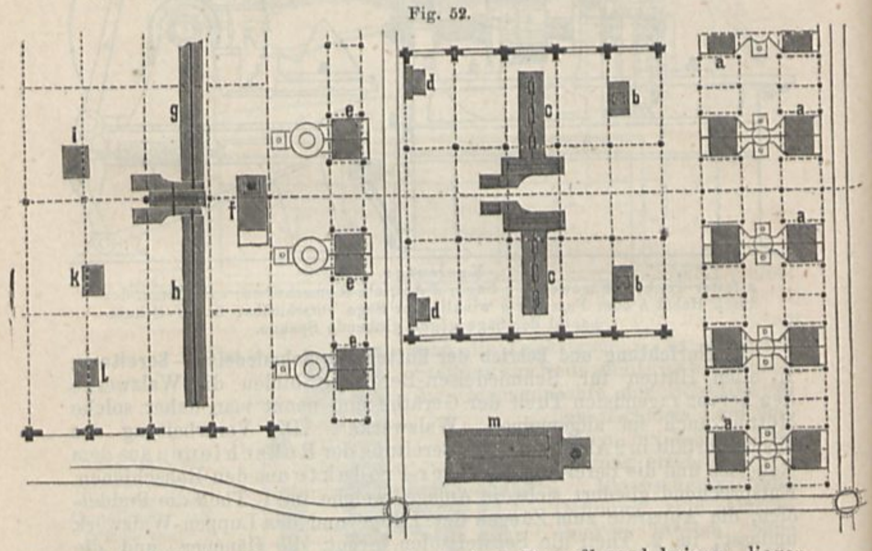
Zur bequemen Zuführung der Rohmaterialien zu den Oefen, sowie Abführung der Abfälle, Transport der Fabrikate etc. sind gewöhnlich Gleise vorhanden; an geeigneten Stellen werden Wiege-Vorrichtungen für die verschiedenen Zwecke aufgestellt. Als Motor dient gewöhnlich Dampfkraft; es ist zweckmässig, die einzelnen Maschinen, sogar die einzelnen Walzenstränge durch besondere Dampf-Motoren treiben zu lassen, da etwaige Betriebs-Störungen an einem einzelnen Theile dann nicht auf andere Maschinen zurück wirken. — Zur Dampf-Produktion bedient man sich allgemein der aus den Puddel- und Schweissöfen abziehenden Feuergase, wenn man nicht die Anlage von Regenerativ-Feuerungen vorzieht. —

Die Wahl der Apparate zur Herstellung der Rohschienen aus Luppen hängt von der Beschaffenheit der Luppen und der gewünschten Qualität des Fabrikats ab. Bei gewöhnlichen Eisensorten werden die Rohschienen mittels des Luppen-Walzwerks hergestellt, nachdem sie mit der Luppen-Quetsche oder dem Luppen-Hammer,

event. der Luppen-Mühle vorgearbeitet worden sind. Rohschienen für sehr gute Qualitäten stellt man dagegen vorzugsweise mittels des Luppen-Hammers, am besten mittels des Dampfhammers her. Die Anwendung der Hämmer mit Daumenbetrieb ist meist auf solche Werke beschränkt, welche mit Wasserkraft arbeiten. Vielfach werden dieselben Hämmer zum Ausstrecken der Luppen und zum Ausschmieden der Packete und Schmiedestücke benutzt. — Die Puddelöfen, sowie die Schweissöfen werden gewöhnlich reihenweise gestellt, indem man sie zu je zweien an einander legt; für je 2 oder 4 hat man einen gemeinschaftlichen Dampfkessel. — Die Walzenstrassen legt man möglichst in die Nähe der Schweissöfen. —

Die Walzwerks-Gesammtanlage, Fig. 52, ist zur Herstellung von Kesselblech und des gebräuchlichen Stangeneisens bestimmt und für eine wöchentliche Produktion von etwa 300 000 kg Eisen bemessen.

Fig. 52.

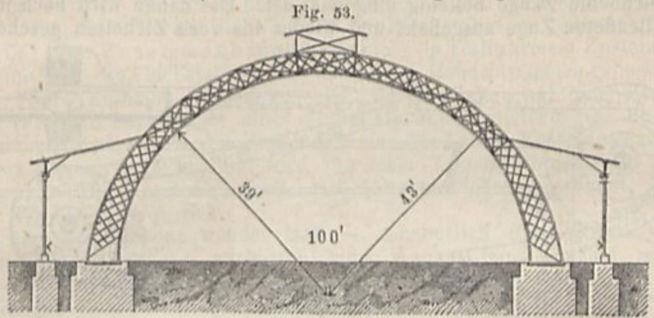


24 Puddelöfen (*a*), von denen je 4 einen Dampfkessel heizen, liegen unter einer gemeinsamen Ueberdachung; ähnlich sind 8 Schweissöfen (*e*), die paarweise einen Dampfkessel heizen, angeordnet. In dem zwischen den Ofenreihen liegenden Gebäude befinden sich 2 Dampfhämmer (*b*), die als Luppenhämmer dienen, 2 Luppen-Walzwerke (*c*), jedes mit 2 Walzgerüsten, und 2 Scheren (*d*) zum Zerschneiden der Rohschienen. — Einen 2. Komplex bildet, im Anschluss an die Schweissöfen, das Blech-Walzwerk (*g*) mit dem Glühofen (*f*) und der Blechschere (*i*), sowie das Walzwerk (*h*) für Stangeneisen mit der Säge (*k*) für heisses Eisen und der Richtmaschine (*l*), welche auch zum Lochen, besonders aber für Schienen-Fabrikation dient; *m* sind 2 Reserve-Dampfkessel. Längs der Ofenreihen und nach dem Walzwerke liegen Schienenstränge, durch Drehscheiben verbunden. — Alle Maschinen haben separaten Dampfbetrieb, doch sind die Dampfrohr-Leitungen kombinirt angelegt. —

Die besonders heftigen Erschütterungen, denen diejenigen Gebäude ausgesetzt sind, in welchen schwere Dampfhämmer arbeiten, veranlassen häufig dazu, für diese Gebäude eine durchgängige Ausführung in

Eisen zu wählen, das daher hier nicht nur als Material für die Haupt-Konstruktions-Glieder (Stützen und Binder), sondern auch als Füllmaterial für die Wände dient. Eine eigenthümliche Konstruktion hierher gehöriger Art, welche bei dem Puddel-Gebäude der Borsig'schen Werke in Oberschlesien verwendet worden ist, zeigt Fig. 53. Es sind dabei Wandstützen und Dachbinder in einen grossen halbkreisförmigen Binder zusammen gefasst, und ist der Wandschluss aus besonderen leichten Eisenstützen, die etwas ausserhalb der Fusslinie der Bögen stehen, mit Blechverkleidung hergestellt worden. —

Fig. 53.



Im allgem. rechnet man für den gesammten Betrieb einer Walzwerks-Anlage, auf eine Produktion von je 1000 kg pro Woche, an Betriebskraft 0,6 bis 1,0 Pfdkr., ferner auf 2 bis 4 Puddelöfen 1 gewöhnlichen Schweissofen. Der aus dem Stangen- und Blech-Walzwerk hervor gehende Abfall (Schrott) wird im Puddelofen wieder zusammen geschweisst und dann wie gewöhnliche Luppen verarbeitet; man rechnet auf je 10 Puddelöfen 1 Schrottofen, welcher p. Schicht à 12 Stunden 1500 bis 4000 kg Luppen mit ca. 2000 kg Kohlen-Verbrauch, produzirt. — Oefen und diejen. Maschinen, welche heisses Material bearbeiten, werden auch während der Nacht im Betriebe gehalten. — Die Verwendung Danks'scher Puddelöfen erfordert für je 12 Danks-Oefen 3 Kupolöfen und 1 Luppenmühle; man kann annehmen, dass ein Danks-Ofen etwa das 3fache eines gewöhnlichen Puddelofens produzirt. —

9. Herstellung von Eisendraht, schmiedeisernen Röhren und Nieten.

Eisendraht wird aus Walzeisen ähnlichen Profils durch das sogen. Ziehen hergestellt, wobei man das in kaltem oder dunkelrothwarmem Zustande befindliche Eisen durch ein in einer Stahlplatte, dem sogen. Zieheisen, vorhandenes Loch von schwach verjüngter Form und kleinerem Querschnitt führt. Der gewöhnliche runde Draht wird aus Walz-Draht von 9 bis 4 mm Durchm. hergestellt, welcher auf besonderen Schnell-Walzwerken aus Quadrat-Stäben von 20 bis 35 mm Seite gewalzt worden ist. — Die Reduktion des Querschnitts beträgt bei jedem Zuge etwa 10 %, die Zieh-Geschwindigkeit variirt von 0,2 m p. Sek., bei 8 mm Drahtstärke, bis 1,5 m bei den schwächsten Sorten; der Zieh-Widerstand beträgt bei ausgeglühtem Draht etwa 22 kg und steigt für nicht ausgeglühten Draht auf 45 bis 50 kg p. qmm Querschnitt des gezogenen Drahts. Die zum Drahtziehen unter gewöhnlichen Verhältnissen erforderliche Betriebskraft beträgt in Pfdkr. N:

für Draht von 8 mm Durchm. bei 0,2 m Zieh-Geschw. $N = 7$ Pfdk.
" " " 5 mm " " 0,35 m " $N = 4$ "
" " " 2 mm " " 0,80 m " $N = 2$ "
" " " 1 mm " " 1,50 m " $N = 1$ "

Die groben Draht-Sorten sind beim Ziehen häufiger auszuglühen, als die feinen; man glüht anfangs nach 2maligem, später nach 4maligem Ziehen u. s. w. Etwa 10 bis 15 % Material-Verlust ergeben sich durch Abbrand und Abfall.

Die Ziehbänke bestehen im allgem. aus einer langen Bank, auf welcher in festem Bock das Zieheisen ruht; ausserdem aus der speziellen Einrichtung zum Ziehen. Letztere besteht entweder aus einer Winde mit Kettentrommel und Kette, an deren Ende eine Zange zum Fassen des Drahts befestigt ist, oder aus einer Kette ohne Ende, in welche die Zange beliebig eingehakt ist. Die Zange wird nach jedem vollendeten Zuge ausgehakt und wieder bis vor's Zieheisen geschoben.

Fig. 54.

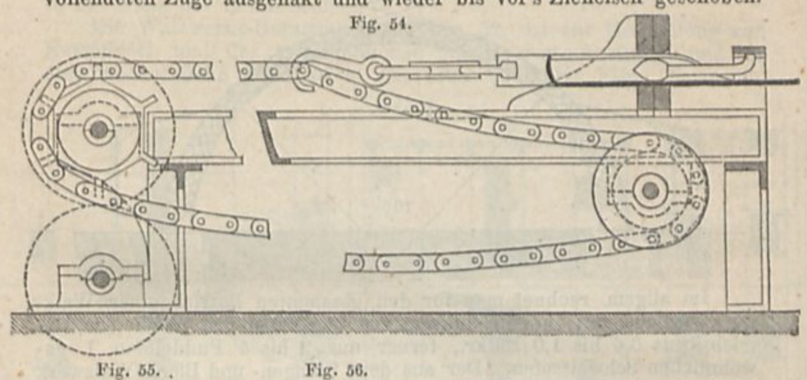


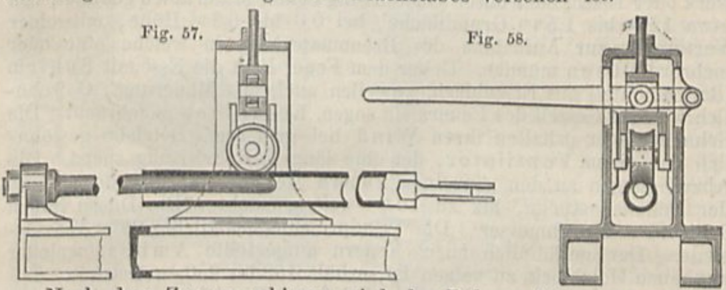
Fig. 55. Fig. 56.

Die Ziehbänke für gewöhnlichen Draht sind so eingerichtet, dass der Draht auf eine durch Räderwerk getriebene Trommel sich aufwickelt. Die Trommel-Achse steht bei starken Drahtsorten vertikal, bei schwachen Sorten ist sie horizontal; ihr Durchm. variirt von 0,5^{m}, bei starkem Draht, bis 0,2^{m} bei schwachem Draht. Man stellt gewöhnlich mehrere Bänke neben einander und treibt dieselben von einer gemeinschaftlichen Welle aus. Zweckmässig ist es, für die verschiedenen Drahtsorten, verschiedene Ziehbänke zu benutzen. — Das Ausglühen der Drahtrollen geschieht in ringförmigen gusseisernen Gefässen, in welche die Rolle, mit Kohlenpulver umfüllt, eingesetzt und 4 Stunden lang in einem einfachen Glühofen unter Dunkelroth-Glühhitze geglüht und darauf während ca. 16 Stunden abgekühlt wird. Die Glühöfen bestehen gewöhnlich aus einem schachtartigen Feuerraume mit gewölbter Decke in etwa 0,45^{m} Höhe über dem Rost. Die mittlere Charge eines Glühofens beträgt etwa 1000^{kg} und erfordert ca. 225 ^{kg} Kohle zum Ausglühen. Nach dem Ausglühen wird durch Beizen in einer Schwefelsäure-Verdünnung, mit nachherigem Abspülen in kochendem Wasser, der Glühspan entfernt. —

Geschweisste Röhren werden aus Flacheisen-Stäben in glühendem Zustande hergestellt, indem man die Stäbe der Quere nach zusammen biegt und die sich berührenden Langseiten durch Schweissung verbindet. Bei Röhren, welche nur geringen Druck auszuhalten haben (Gasröhren), werden die Kanten des Flachstabes stumpf gegen einander gebogen und durch den Druck einer Rolle geschweisst; bei Röhren

für höheren Druck, wie Dampfröhren etc., werden die Kanten zugeschärft. Röhren mit stumpfer Stossung in der Schweissstelle ertragen keine starken Biegungen, wenngleich sie gegen einigen Druck haltbar sind. — Abgesehen von der Zuschärfung der Kanten umfasst die Herstellung der Röhren folgende Arbeiten: Das Zusammenbiegen und Adjustiren der Röhren; das Zusammenschweissen; das Absägen und event. Richten; das Probiren mit hydraulischem Druck. — Das Abschrägen geschieht in kaltem Zustande, indem der Flachstab auf einer langen Ziehbank mittels einer Kette ohne Ende in eine Zange eingehängt wird, die ihn durch einen mit Schneidstählen versehenen festen Bock zieht; dabei werden beide Kanten des Flachstabes auch abgeschrägt (Fig. 56). Das Zusammenbiegen geschieht in rothwarmem Zustande. Das eine Ende des Flachstabes wird zunächst von Hand zusammen gebogen; das weitere Zusammenbiegen geschieht durch Ziehen auf einer Ziehbank (Fig. 55, 56) mittels eines Zieheisens mit kreisförmigem Loch, in welchem ein fester Dorn liegt. Die eine der beiden Kettentrommeln ist mit Zähnen versehen und wird von einer Transmissions-Welle getrieben. — Die Geschwindigkeit, mit der das Ziehen stattfindet, beträgt 1,5 bis 2,0 m p. Sek.

Statt des Ziehens wendet man — namentlich für Röhren von grosser Wandstärke — auch wohl einen Apparat an, welcher nach Art einer Luppen-Quetsche wirkt und mit passenden Gesenken zum allmähligen Zusammenbiegen des Flachstabes versehen ist.


Fig. 57. Fig. 58.

Nach dem Zusammenbiegen wird das Rohr auf genau gleiche Durchmesser adjustirt, indem man einen Dorn durchführt. — Das Zusammenschweissen findet stets in weiss-glühendem Zustande statt, indem man das Rohr entweder mit der Schweissfuge unter einer Rolle, welche durch einen Hebel angedrückt wird (Fig. 57, 58), oder zwischen 4 ausgekehlten Walzen durchführt, deren Auskehlungen zusammen die Kreisform des Rohrs bilden. Bei ersterem Verfahren wird die Rolle mittels eines Handhebels nieder gedrückt, während das Rohr fort geht; im Rohre liegt ein ausserhalb befestigter Dorn. Bei langen Röhren muss ein der ganzen Länge nach durchgehender, mit durch zu ziehender Dorn eingelegt werden. —

Die Oefen zum Erwärmen der Röhren sind lange Flammöfen, bei welchen die Flamme quer über den Heerd geführt wird, wozu auf der einen Langseite etwa 4 Feuerungen, auf der anderen eben so viele Kanäle zum Abführen der Feuergase vorhanden sind. — Das Ablängen der Röhren geschieht mittels Kreissägen in roth-warmem Zustande, endlich das Richten derselben durch Rollen auf einer Richtplatte oder zwischen 2 Platten. —

Bolzen für Schrauben und Niete werden aus Rundeisen, bezw. Draht durch Stauchen des Kopfes hergestellt. Das Rundeisen wird in kaltem Zustande mittels Schere abgelängt; die abgeschnittenen

Enden werden in einem Glühofen auf Schweisshitze erwärmt und in diesem Zustande einer Maschine übergeben, auf welcher, durch einen einzigen Druck eines entsprechend gestalteten Stempels, der Kopf in die richtige Form gebracht wird.

Zur Herstellung des sogen. zweiten Nietkopfs beim Zusammennieten von Gegenständen, wendet man oft sogen. Niet-Maschinen statt der Handarbeit an, auf welchen der Kopf des in glühendem Zustande durchgesteckten Nietes durch den Druck oder den Stoss eines Stempels mit einem Hube gebildet wird. Dieser Stempel ist gewöhnlich direkt am Ende der Kolbenstange eines Dampf-Zylinders oder eines hydraul. Zylinders befestigt, im ersteren Falle ist die Wirkung eine Stosswirkung, im letzteren reine Druckwirkung. —

10. Hammerschmiede, Kesselschmiede und deren Einrichtung. Schmiedearbeiten werden aus den Produkten der Walzwerke in besonderen Schmieden hergestellt. Zur Erhitzung des Materials dienen die Schmiedefeuer und kommen dazu ausserdem Glühöfen und Schweissöfen zur Anwendung. Das Ausschmieden grösserer Stücke geschieht mit Hülfe von Hämmern mit mechanischem Betriebe, das Biegen und Richten von Platten und Façoneisen mit Hülfe von Pressen und Biege-Maschinen.

Die Schmiedefeuer haben eine offenen Heerd, ganz aus Mauerwerk oder Eisen, oder unter Verwendung beider Materialien gebildet, von etwa 1,2^{m} bis 1,5^{qm} Grundfläche, bei 0,6 bis 0,8^{m} Höhe, mit einer Vertiefung zur Aufnahme des Brennmaterials, in welche eine oder mehrere Düsen münden. Ueber dem Feuer liegt die Esse mit Schirm (Rauchmantel) aus Eisenblech, zuweilen auch aus Mauerung. Gewöhnlich wird im Gestell des Feuers ein sogen. Löschtrog angebracht. Die Schmiedefeuer erhalten ihren Wind bei grösserem Betriebe gewöhnlich von einem Ventilator, der eine längere Rohrleitung speist. Die Abzweigungen zu den einzelnen Feuern werden, je nach der Grösse der Schmiedestücke, bis zu 10^{cm} weit gemacht. Die Düsen haben 3 bis 10^{cm} Durchmesser. Die Windpressung ist 10 bis 20^{cm} Wassersäule. Der gewöhnlich zu 2 Feuern aufgestellte Ambos, welcher auf einen Holzblock zu setzen ist, erhält 150 bis 250 ^{kg} Gewicht.

Die Einzelnheiten der Schmiedefeuer-Einrichtung variiren beträchtlich; namentlich gilt dies in Bezug auf die Anordnung der Feuergrube, die Wind-Zuführung, die Ableitung des Rauchs etc. etc. Für letzteren Zweck dienen gemauerte Schornsteine, Schornsteinrohre aus Eisenblech und unterirdische Absaugung mittels Ventilator. Blech-Schornsteine besitzen den Vorzug leichter Aufstellbarkeit, sind aber (selbst bei 3—4 ^{mm} Wandstärke) nur wenig haltbar, kühlen rasch ab und haben daher häufig beim Beginn des Feuerns nur mangelhaften Zug; in letzterer Beziehung sind ihnen gemauerte Schornsteine überlegen, namentlich dann, wenn diese in den Stunden wo die Feuer ruhen, zur Warmerhaltung am oberen und unteren Ende mittels Klappe geschlossen gehalten werden. Da wo es an Raum mangelt wird häufig für mehre Feuer ein gemeinsamer — gemauerter — Schornstein aufgeführt, indem man über den Rauchmänteln horizontal oder mit sanfter Ansteigung Blechrohr-Leitungen zu dem Zentral-Schornstein führt. Diese Leitungen dürfen event. 2—4 Einzelfeuern gemeinsam sein und, meist ohne Befürchtung mangelnden Zuges, bis zu 10^{m} und, je nach Höhe etc. des Zentral-Schornsteins, auch mehr Länge erreichen. — Am häufigsten wird der Schmiedeheerd aus Mauerwerk gebildet und dieses mit einer 15 — 20^{mm} starken Blechplatte abgedeckt.

Einige Beispiele unter *vielen* möglichen geben die Fig. 59—66 an. Fig 59, 60 zeigen den *halben* Grundriss und Schnitt eines gewöhnlichen, 4-gekuppelten Schmiedefeuers aus Mauerwerk mit Blechplatten-Abdeckung. Unter dem Heerd befindet sich ein von den Enden aus zugänglicher Hohlraum für Brennmaterial und an jeder Heerdecke ist ein eiserner Löschtrog versenkt angebracht. Die Düse liegt zur Kühlung in einem eisernen Wasser-Gefäss. — Fig. 61 Querschnitt eines Feuers für Behandlung von Arbeitsstücken, die grosse Hitze erfordern. Die Feuergrube hat eine bedeutende Tiefe erhalten und wird durch einen birnförmigen, doppelwandigen Eisenkörper gebildet, in welchem 2 Windröhren mit entgegen gesetzter Lage der Mündundungen liegen. Der zwischen den beiden Mänteln befindliche Hohlraum ist

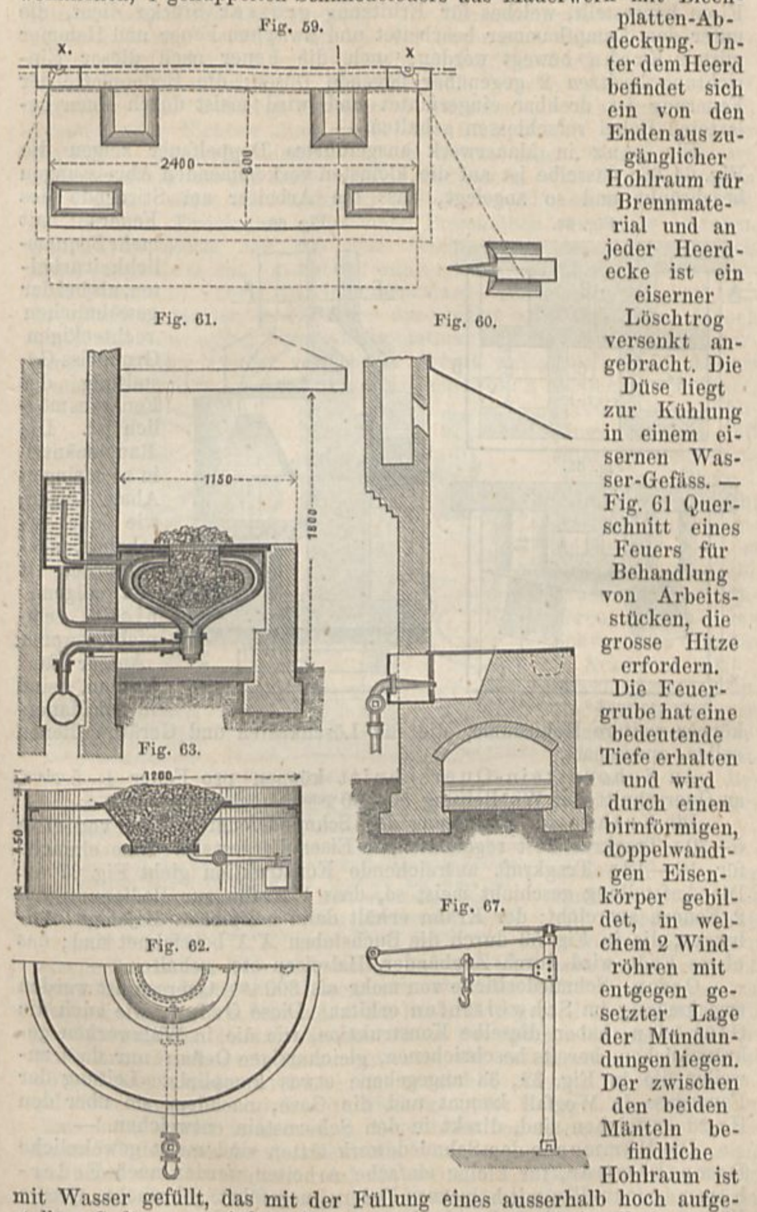


Fig. 59. Fig. 60. Fig. 61. Fig. 63. Fig. 62. Fig. 67.

mit Wasser gefüllt, das mit der Füllung eines ausserhalb hoch aufgestellten Gefässes am tiefsten Punkt, sowie nahe unter Spiegelhöhe durch

Röhren kommunizirt, so dass, wie in einer gewöhnlichen Wasserheizung eine beständige Zirkulation des Kühlwassers statfindet. — Fig. 62, 63 Grundriss und Querschnitt eines sogen. Zentralfeuers, ganz in Eisen hergestellt, welches für Erhitzung grosser Stücke dient, die unter dem Dampfhammer bearbeitet und zwischen Feuer und Hammer mittels Krahn bewegt werden; auch die Feuer nach dieser Einrichtung besitzen 2 gegenüber liegende Düsen; die Bodenplatte der Feuerung ist drehbar eingerichtet und wird meist durch einen belasteten Hebel verschlossen gehalten. —

Ein ganz in Mauerwerk ausgeführtes Doppelfeuer zeigen die Fig. 64-66; dasselbe ist auf die kleinsten vorkommenden Abmessungen beschränkt und so angelegt, dass die Arbeiter am Stirnende des Feuers mit mehr Bequemlichkeit arbeiten, als bei der gewöhnlichen rechteckigen Grundriss-Gestaltung des Feuers es möglich ist. Die Rauchmäntel in so geringen Abmessungen, wie hier geschehen, auszuführen, ist im allgem. nicht empfehlenswerth. Ausser für Kohlen, sind in dem Mauerkörper weitere Hohlräume, die für Löschkästen und Geräthe dienen sollen, ausgespart.

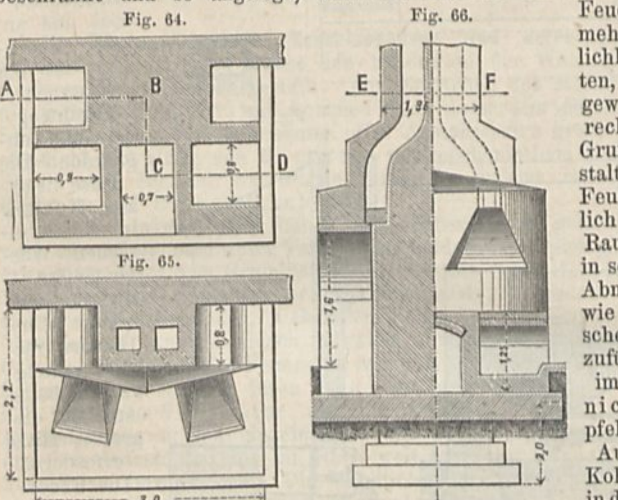


Fig. 64. Fig. 65. Fig. 66.

An Schornstein-Querschnitt können pro Feuer 4—5 ^{qdcm}, an Querschnitt der Windleitung 50—60 ^{qcm} gerechnet werden. —

Die Krähne zur Bedienung der Schmiedefeuer werden von etwa 5—30 ^{z} Tragkraft fast regelmässig in Eisen hergestellt. Eine einfache für 10—12 ^{z} Tragkraft ausreichende Konstruktion giebt Fig. 67 an. Die Aufstellung geschieht meist so, dass 1 Krahn zur Bedienung von 2 Feuern ausreicht; der Krahn erhält dann beispielsw. diejenige Stellungen, die in Fig. 59 durch die Buchstaben *X X* bezeichnet sind; das obere Ende wird durch Zugbänder, Halseisen etc. gehalten. —

Oefen. Schmiedestücke von mehr als 300 ^{qcm} Querschnitt werden zweckmässig im Schweissofen erhitzt. Diese Oefen, wie auch die Glühöfen, haben dieselbe Konstruktion, wie die in Walzwerken gebräuchlichen, bereits beschriebenen, gleichartigen Oefen; nur dass zuweilen die in Fig. 32, 33 angegebene etwas komplizirte Leitung der Feuergase in Wegfall kommt und die Gase, nachdem sie über den Heerd gestrichen sind, direkt in den Schornstein entweichen. —

Die Hämmer in den Schmiedewerkstätten sind meist gewöhnliche Dampfhämmer, für kleine einfache Arbeiten werden auch Federhämmer (zuweilen mit hölzernen Federn ausgeführt) gebraucht. Grosse Hämmer müssen mit 2 Drehkrähnen versehen werden. —

Die **Pressen** zum Biegen und Richten der Platten und Façoneisen (welche übrigens auch zum Ausstanzen und Schneiden benutzt werden), sind entweder hydraulische Pressen oder Pressen mit Schraubenspindel- oder Exzenter-Bewegung. Die Pressen für Platten und Flacheisen stellt man vertikal auf, die für Façoneisen vertikal oder horizontal. Das Material kommt theils in glühendem, theils in kaltem Zustande zur Verarbeitung. — Das eigentliche Werkzeug der Presse ist entweder eine 2theilige Form oder Schablone, welche zum Biegen, Pressen oder Richten dient, oder ein Stempel mit entsprechender Matrize. — Die hydraulischen Pressen werden namentlich für schwere Arbeiten gebraucht und meist vertikal angeordnet. — Die **Presspumpen** üben mittels eines oder mehrerer Kolben von kleinem Querschnitt bis zu 400 Atm. Druck aus. Für einen Presskolben von 0,26^{m} Durchm. beträgt beispielsw. bei 300 Atm. Wasserdruck der Gesammtdruck des Presskolbens ca. 175 000^{kg}, während die zugehörige Pumpe etwa 0,25 Pfdkr. zu ihrem Betriebe erfordert. Die Geschwindigkeit des Presskolbens beträgt in der Regel nur wenige ^{mm} p. Sek., kann jedoch durch die Anwendung eines Akkumulators, der die während des Leergangs von der Pumpe verrichtete Arbeit aufsammelt, nach Bedarf gesteigert werden. — Die **Schraubenpressen** bestehen aus einer, durch 2 bis 4 Führungs-Stangen mit einer Traverse verbundenen Platte. Durch erstere geht eine Schraubenspindel, welche an einem Ende eine bewegliche Pressplatte, am anderen Ende ein Schwungrad oder ein Armkreuz mit Schwungkugeln trägt. Die Platten sind zum Anschrauben von Schablonen etc. eingerichtet. Der Betrieb der Pressen geschieht von Hand. — **Pressen mit Exzenter-Bewegung** werden gewöhnlich mit Maschinenkraft betrieben, haben nur wenige Zentimeter Hub und dienen hauptsächlich zum Ausstanzen und Schneiden von Platten und Façoneisen, sowie zum Richten und Biegen von Façoneisen in kaltem Zustande. Sie haben Bockgestell und Schlitten wie die Scheren (Fig. 48, 49), das aus einem beweglichen Stempel von verschiedener Form besteht, zu welchem ein entsprechendes Stück am Gestell fest angebracht ist. Eine zwischen Stempel und Ring geschobene Platte etc. wird beim Niedergang des Stempels durchgestanzt. Man kann durch reihenweises Ausstanzen von Löchern beliebig geformte Oeffnungen herstellen. — Als Werkzeug zum **Schneiden** dient ein Scherblatt am Schlitten und ein gleiches am Gestell. — Das Werkzeug zum **Richten** und **Biegen** besteht aus einfachen gusseisernen Stützen, von denen 2 in einiger Entfernung von einander am Gestell

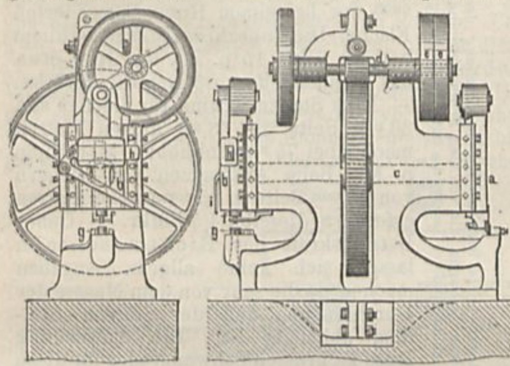


Fig. 68. 69.
Kombinirte Stanzmaschine und Schere.
a u. *b* Schlitten; *c* Welle mit exzentr. Zapfen an den Enden, für Bewegung kurzer Lenkstangen; *d* Betriebswelle mit Schwungrad, 1 festen u. 1 losen Riemscheibe; *f* Stempel, der an einer im Schlitten *b* liegenden Stange befestigt ist; *i* Hebel, durch welchen ein Keil verschoben werden kann, so dass die Verbindung zwischen Schlitten und Stempel zeitweilig unterbrochen wird, um ein neues Arbeitsstück einführen zu können.

und eine 3. mitten über den beiden ersten am Schlitten befestigt sind. Indem man die obere Stütze am Schlitten verstellt, kann jede beliebige Durchbiegung erzielt werden. —

Fig. 70. Fig. 71.

Platten-Biegemaschine. *a* Betriebswelle mit 4 Riemscheiben für Drehung der Welle in beiderlei Sinn. *b* und *c* untere Walzen mit Bewegung durch Räder-Vorgelege. *e* Lager, die von den Schraubenspindeln *f* getragen werden, welche mittels der Schneckenräder *g* der Höhe nach verschiebbar sind. *e* Lager die auf *f* aufliegen und seitlich fort gezogen werden können.

In der Regel führt man diese Maschinen so aus, dass sie nur zu einer der erwähnten Verrichtungen dienen, oder aber man kombinirt an derselben Maschine verschiedene Werkzeuge, welche gleichzeitig benutzt werden können. Namentlich finden Kombinationen von Stanzmaschine und Schere, auch wohl von Richtmaschine und Schere Anwendung. Da beim Stanzen eine Abscherung des Materials stattfindet, so gilt wegen der Betriebskraft das Gleiche wie bei den Scheren, d. h. es ist die erforderliche Betriebskraft $N = N_1 + \frac{\alpha f}{75}$ und die Maximalpressung auf den Stempel = 25 kg pro qmm der bei einem Hube abgescherten Fläche. Die Hubzahl der Stanzmaschinen beträgt 6 bis 15 p. M., der Hub etwa das Doppelte der grössten Blechstärke. — Eine Stanzmaschine für Löcher von 36 mm Seite in 38 mm dicken Platten machte bei 75 mm Hubhöhe 7 bis 8 Hübe p. M. Beim Ausstanzen von Löchern von 36 mm Seite in 25 mm starke Platten erforderte dieselbe 4,5 Pfdkr. — Ueber Betriebskraft der Richtmaschinen lassen sich keine allgem. Angaben machen, da die sehr von dem Maasse der Durchbiegung und der Stützen-Stellung abhängig ist. Die Anwendung eines zu grossen Schwungrades für diese Maschinen ist unräthlich, weil dabei die Konstruktionstheile zu stark ausfallen.

Fig. 68 u. 69 stellen eine kombinirte Stanzmaschine u. Schere dar. Einfache Stanzmaschinen gleichen meist einer Hälfte der dargestellten Maschine; werden auch wohl in der Weise mit einer Schere versehen, dass man am oberen Ende des Schlittens für die Stanze ein nach oben wirkendes Scherblatt befestigt, während das zugehörige andere Blatt an dem über den Schlitten hoch geführten Gestell-Theile festgeschraubt ist, so dass die Schere von unten schneidet. —

Zum Biegen von Platten nach zylindrischer Form bedient man sich fast ausschliesslich der sogen. Platten-Biegemaschinen, die aus 3 horizontalen Walzen bestehen, welche in festen Böcken derart gelagert sind, dass die beiden unteren Walzen unveränderlich

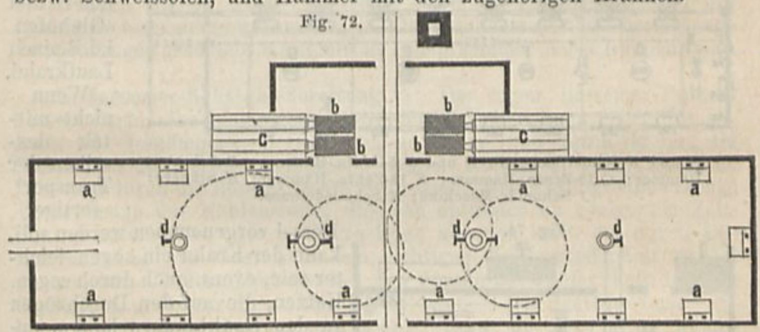
neben einander liegen, während die 3. Walze, die über den beiden anderen liegt, vertikal verschiebbar gelagert ist. Durch wiederholtes Niederschrauben der 3. Walze und Hin- und Herwalzen der unteren beiden kann man die Krümmung der eingelegten Platte mehr und mehr steigern und schliesslich ganz geschlossene Zylinder erzielen; auch kann man durch Schrägstellen der oberen Walze, indem man nur die eine Seite niederschraubt, konische Körper erzielen, sowie auch nur theilweise gebogene Platten durch Unterbrechung des Durchlaufens. Die obere Walze muss sich leicht heraus heben und seitlich wegziehen lassen, um geschlossene Zylinder abnehmen zu können.

Eine derartige Maschine nach der Konstruktion Fig. 70, 71 mit Walzen von 0,33^{m} Durchm. und 5,8^{m} Länge erforderte zum Leergange 0,55 Pfdkr. In 1 Stunde wurden 7 Platten von 2,69^{m} Länge, 1,38^{m} Breite und 13,5^{mm} Dicke in roth-warmem Zustande zu Halb-Zylindern gebogen, wobei die Maschine 2,76 Pfdkr. Betriebskraft brauchte. Die Umfangs-Geschwindigkeit der Walzen betrug 14,3^{mm} p. Sek. — Man bedient sich dieser und ähnlicher Biegemaschinen auch um Platten zu richten, namentlich um Beulen zu entfernen, indem man die Platten krumm walzt, alsdann umdreht und wieder gerade walzt. —

Richtmaschinen, die besonders zu letzterem Zwecke gebaut sind, enthalten eine grössere Zahl von Walzen, z. B. 5 untere und 4 obere, von denen nur die unteren getrieben werden. Platten von weniger als 2^{mm} Stärke muss man mittels Winde durch diese Walzen führen. —

Bauliche Einrichtung der Schmiede. Man unterscheidet Werkstätten für eigentliche Schmiedearbeit: Hammerschmieden, und solche für Herstellung von Kesseln und ähnlichen Blecharbeiten: Kesselschmieden. Die Hammerschmiede enthält nur Schmiedefeuer, bezw. Schweissöfen, und Hämmer mit den zugehörigen Krähnen.

Fig. 72.

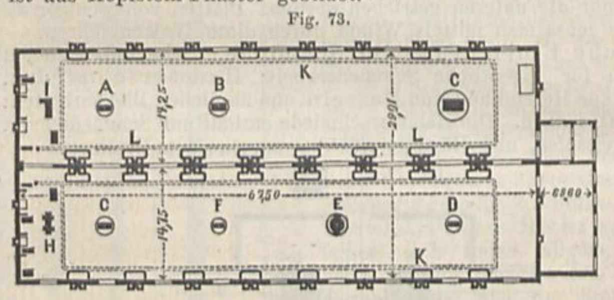


In dem in Fig. 72 mitgetheilten Grundriss einer Hammerschmiede sind die Schmiedefeuer *a* sämmtlich paarweise angeordnet; 4 Schweissöfen *b* sind mit Kesselanlagen *c* für die Dampfhämmer versehen, und werden durch die abziehenden Gase geheizt. Die 4 Dampfhämmer (*d*) haben bezw. 250 bis 2500^{kg} Hammergewicht, die grösseren sind mit Drehkrähnen versehen, von denen beim Zusammenschweissen grosser Schmiedestücke je 2 gleichzeitig in Thätigkeit treten. Ein Schienenstrang der quer durch das Gebäude führt, vermittelt den Transport schwerer Schmiedetheile zwischen den Schweissöfen und den Hämmern, wie überhaupt den Transport der Materialien. Das Gebläse für die Essen liegt ausserhalb des Gebäudes.

Ein zweites Beispiel zweckmässiger Einrichtung und Gestaltung einer Hammerschmiede bietet Fig. 71. Das 67,5^{m} lange, 28,5^{m} breite und bis zur Traufkante nur 6^{m} hohe Gebäude ist der Länge nach

durch eine offene Bogenstellung in 2 Hälften zerlegt, in deren jeder 2. 8. 2 = 32 Schmiedefeuer nebst 3 Dampfhämmern untergebracht sind. Am linksseitigen Ende befinden sich die Ventilatoren zur Wind-Zuführung für die Feuer, ferner einige Werkzeug-Maschinen, Schleifstein etc., welche von einer in der Mitte der kurzen Wand angebrachten Dampfmaschine mittels Transmissions-Welle die oben an jener Wand liegt, getrieben werden. Am rechtsseitigen Ende sind angebaut 1 Büreau-, 1 kleiner und 1 grosser Magazin-Raum, der zugleich eine Ketten-Probir-Maschine aufnimmt. — Die Schornsteine sind bis Dachhöhe aufgemauert, und haben von da ab einen Blechrohr-Aufsatz; bei denjenigen der beiden Mittelreihen sind je 2 gegenüber liegende Aufsätze zusammen geführt u. z. in solcher Höhe etc., dass die Dachrinne ununterbrochen bleibt. — Das Dach ist aus 2 Satteldächern mit Eisen-Bindern hergestellt, deren Durchzüge horizontal gelegt und, in steifer Konstruktion, als Laufschienen für Katzen von 250 kg Tragfähigkeit, zur Bedienung der Hämmer und Schmiedefeuer ausgebildet sind. Das Dach ist mit Pappe auf Schalung gedeckt. Auf jedem First läuft der ganzen Länge nach eine mit Wellblech gedeckte Laterne, deren seitliche Fenster zum Lüften bewegbar eingerichtet sind. — Thüren und Seitenfenster sind eiserne. Der Flur des Raumes ist aus Kopfstein-Pflaster gebildet. —

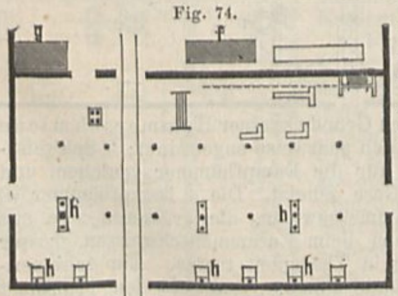
Fig. 73.



A und *F* Schnellhämmer; *D* und *G* 5-Zentn.-Hämmer; *B* 8-Zentn.-Hämmer; *C* 15-Zentn.-Hämmer; *E* 12-Zentn.-Hämmer; *H* Scheere; *J* Schneide-Maschine; *K* Schmiedefeuer.

Eine Kesselschmiede enthält ausser den Schmiedefeuern und Glühöfen i. d. R. einen Laufkrahn. Wenn nicht mittels desselben der Transport fertiger Kessel vorgenommen werden soll, kann der Krahn ein sogen. leichter sein, event. auch durch sogen. Katzen, die auf den Durchzügen an den Dachbindern laufen, ersetzt werden. Ferner enthält die Schmiede Maschinen zum Pressen, Biegen, Richten, Schneiden und Ausstanzen der Platten und Façoneisen, event. Nietmaschinen und Werkzeug-Maschinen, wie Blechkanten-Hobelmaschinen, Bohrmaschinen etc., mit den zugehörigen Transmissionen. Die Skizze Fig. 74 enthält im Mittelschiff den eigentlichen Montir-Raum, mit dem Laufkrahn. Ausserhalb an der Langseite des Gebäudes liegen unter einer einfachen Ueberdachung ein Glühofen *f* für lange Stangen Winkeleisen oder ähnliche Façoneisen und ein Platten-Glühofen *g*; in der Nähe der Glühöfen finden sich Richtplatten. Das eine Seitenschiff enthält

Fig. 74.



die Schmiedefeuer *h*, das andere die oben angegebenen Werkzeug-Maschinen und die Betriebs-Maschinen etc. Pressen und Biege-Maschinen müssen möglichst in der Nähe der Glühöfen und des Gleises liegen. Die Kesselanlage ist ausserhalb des Gebäudes. —

C. Stahl.

Der Stahl steht hinsichtlich seines Kohlenstoff-Gehalts: von 1,8 bis 0,6 % herab, zwischen Gusseisen und Schmiedeisen in der Mitte und wird daher in denjenigen Gattungen, welche an den beiderseitigen Grenzen liegen, auch die charakterisirenden Eigenschaften der beiden anderen Materialien — Schmelzbarkeit, Schweissbarkeit — zeigen. Mit steigendem Kohlenstoff-Gehalt nehmen Härte und Schmelzbarkeit zu, während umgekehrt die Schweissbarkeit mit geringer werdendem Kohlenstoff-Gehalt wächst. —

Alle Methoden der Stahlbereitung aus Gusseisen bestehen in einer theilweisen Entkohlung des letzteren, oder auch in einer gänzlichen Entkohlung mit nachheriger Wiederzuführung einer bestimmten Menge von Kohlenstoff. Jede Stahlbereitung bezweckt die Herstellung von Rohstahl in Form von Stahl-Luppen, Rohstahlschienen oder Rohstahlguss und weiterer Verarbeitung des Rohstahls zu geschmiedeten oder gewalzten, fertigen Produkten.

1. Rohstahl-Bereitung im Puddelofen. Dieselbe erfolgt im gewöhnlichen Puddelofen in ähnlicher Weise, wie die des Schmiedeisens, doch muss die oxydirende Einwirkung der Flamme und der Schlacke vor der gänzlichen Entkohlung unterbrochen werden. Direkter Zutritt von Luft oder Feuergasen ist möglichst zu vermeiden. — Regenerativ-Feuerungen sind bei Stahl-Puddelöfen — bei der relativen Reinheit der Feuergase besonders zweckmässig. — Das möglichst rasch zu betreibende Luppenzängen geschieht meist mittels Dampfhammer nebst Luppenwalze.

2. Bessemer-Rohstahl-Bereitung.*) Der sogen. Bessemer-Prozess besteht darin, eine Pfanne, den sogen. Konverter, etwa zu ⅛ des Inhalts mit geschmolzenem Gusseisen zu füllen und durch kleine, im Boden des Konverters befindliche Düsen Luft von 1 bis 1¾ Atm. Pressung durch die flüssige Masse zu pressen. Dabei erfolgt eine mässige Verbrennung des Kohlenstoffs, die man entweder im geeigneten Zeitpunkte unterbricht oder völlig zu Ende kommen lässt, um durch Zusatz von flüssigem Gusseisens den richtigen Kohlenstoffgehalt wieder zu erzielen. Erstere Methode hat den Vorzug der Einfachheit, letztere denjenigen grösserer Sicherheit des Gelingens. Aus dem Konverter gelangt der Stahl in eine Giesspfanne, bezw. die Formen, welche gewöhnlich gusseiserne sind. Die zum Umwandlungs-Prozess im Konverter erforderliche Zeit ist 10 bis 20 Min. Die Verbrennungs-Stadien werden an der Flamme und — beim Verfahren ohne gänzliche Entkohlung des Eisens — mittels des Spektroskops erkannt. —

Die Rentabilität einer Bessemer-Anlage erfordert einen ungewöhnlich grossen Betrieb, da es nicht zweckmässig ist, kleinere Konverter als für Chargen von 4000 kg anzuwenden; die gebräuchlichsten Konverter fassen 5000 kg. Der Konverter für eine solche Charge, Fig. 75, 76, besteht aus einem Blechmantel von 12 bis 20 mm Stärke, 2,5 m Durchm. und 4,5 m Höhe, welcher etwa 30 cm dick mit feuerfestem Material ausgemauert ist. Die sogen. Nase hat etwa 0,45 m Weite; in den Boden ist eine Röhrenbüchse *a* von 1,5 m Durchm. ein-

---

*) Vergl. auch Bd. 3, pag. 209.

gesetzt, welche 7 bis 10 Röhren mit je 12 Düsen von 10 mm Weite enthält. Das in 2 Schildzapfen *b* hängende Gefäss wird mittels hydraulischer Presse (*c*), deren Kolben durch Zahnstange auf ein an dem Gefäss befestigtes Rad (*d*) wirkt, umgestülpt. Die Gebläse-Luft

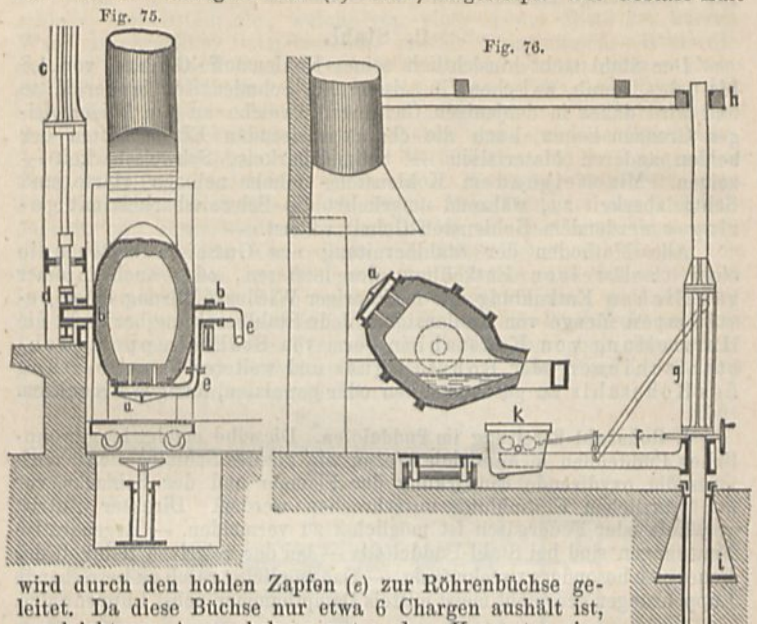


Fig. 75. Fig. 76.

wird durch den hohlen Zapfen (*e*) zur Röhrenbüchse geleitet. Da diese Büchse nur etwa 6 Chargen aushält ist, zur leichteren Auswechslung, unter dem Konverter eine hydraulische Hebe-Vorrichtung und ein Schienengleis gelegt. Vor dem Einbringen einer Charge wird der Konverter bis zur Rothglühhitze erwärmt, darauf umgedreht und vom Brennmaterial gereinigt und dann in die halb aufgerichtete Stellung gebracht, bei welcher der Einguss des Eisen erfolgt, so zwar, dass dasselbe nicht an die Düsen tritt. Nunmehr wird angeblasen und das Gefäss aufgerichtet. Der fertige Guss wird in eine Pfanne entleert, welche an einem Krahn hängt und aus welcher der Stahl wiederum in die bereit stehenden Formen durch ein im Boden der Pfanne befindliches Loch abgelassen wird.

Die gesammte Zeitdauer für Bereitung einer Charge beträgt 2 Stunden und weniger; doch kann diese Zeit nur eingehalten werden, wenn ein 2. Konverter vorhanden ist, da das Auswechseln der Röhrenbüchse ziemlich viel Zeit in Anspruch nimmt. Ueberhaupt ist es gebräuchlich, wenigstens 2 Konverter zu haben, damit in allen Nothfällen eine Reserve vorhanden ist. Aus denselben Gründen pflegt man auch die Gebläse-Maschinen so wie die Pumpen doppelt anzulegen. Bei solchen Einrichtungen kann man es, bei Tag und Nacht ununterbrochen geführtem Betriebe, auf 20 Chargen pro 24 Stunden bringen und bedarf nicht wesentlich grösserer Einrichtungen, als wenn nur Tages-Schichten gemacht werden. Für 8 Konverter ist nur 1 Ofen (Kupolofen) z. Z. im Gange zu halten. Bei ununterbrochenem Betriebe sind 3 Oefen erforderlich, welche abwechselnd arbeiten, event. noch ein 4. als Reserve. Ein Ireland-Ofen für einen 5000 kg Kon-

verter hat etwa 1,5 m Schachtweite, 4 m Höhe und 6 Düsen à 16 cm Durchm. Der Koke-Verbrauch für eine Charge ist etwa 800 kg; das Gebläse ist entweder ein Ventilator oder eine Gebläse-Maschine, welche mit etwa 50 cm Wasserdruck arbeitet. Kapsel-Gebläse scheinen besonders zweckmässig zu sein.

Vor den Schmelzöfen befindet sich eine Pfannne zur Aufnahme einer vollen Charge, die in mehreren Partien aus dem Kupolofen abgelassen wird. Die Krähne, welche zur Handhabung der mit Stahl gefüllten Pfanne dienen, sind gewöhnlich hydraulische Drehkrähne, da nur diese den Bewegungen des Konverters rasch und sicher zu folgen vermögen. — Wenn, wie in Figur 76, die Anbringung eines Halslagers nicht ausführbar ist, muss man den Krahn mit der Pfanne durch ein verschiebbares Gegengewicht ausbalanziren. Die Krähne arbeiten gewöhnlich mit 20 Atm. Wasserdruck ein solcher für Chargen von 5000 kg, d. i. für etwa 8000 kg Tragkraft, hat einen Zylinder-Durchm. von 30 cm. Durch die Anwendung eines Akkumulators, der in der höchsten Kolben-Stellung die Dampf-Zuleitung zur Pumpmaschine absperrt, wird die Raschheit der Bewegungen erhöht. —

Die in Fig. 77, 78 dargestellte Bessemer-Anlage hat 2 Konverter (*a*) für je 5000 kg, 4 Kupolöfen (*b*) und 2 Flammöfen (*c*) für Spiegeleisen-Schmelze (bei indirektem Betriebe des Prozesses); vor den Kupolöfen befinden sich 2 Pfannen (*d*), aus denen das Eisen durch die Rinne (*e*) von den Konvertern geleitet wird. *f* sind hydraul. Krähne, bezw. zum Aufnehmen des Stahls u. Giessen in die Formen bestimmt. Im Maschinenhause (*g*) befinden sich die Gebläse-Maschinen und Pumpen, im Kesselhause liegen 9 Dampfkessel, welche zusammen etwa 1000 Pfdk. stark sind. 2 Aufzüge (*h*), die zum Transport von Roheisen und Koke, zu den Oefen dienen, ein Schienengleis (*i*)

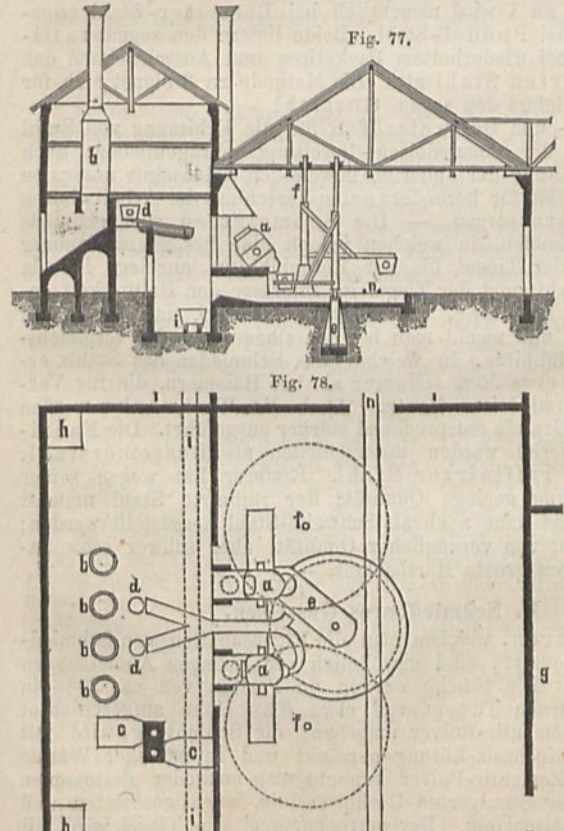
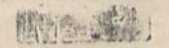


Fig. 77.

Fig. 78.



zur Abführung der Schlacke aus den Konvertern, ein Gleis (*n*) zum Transport der Stahlblöcke und der Pfannen, die in dem Nebengebäude reparirt werden. Die Anlage ist für ununterbrochenen Betrieb und eine Produktion von 80000 bis 100000 kg pro 24 Std. bemessen. —

3. **Verarbeitung des Rohstahls.** Die Verarbeitung des Rohstahls kann nach der Beschaffenheit des Produkts bestehen:

1. in Erhitzung des Rohstahls im Schmiedefeuer oder Schweissofen und direktem Ausschmieden oder Walzen mit wiederholter Erhitzung;
2. in Packetirung der Rohstahl-Schienen, Ausschweissen im Schweissofen und Ausschmieden oder Walzen, desgl. mit wiederholter Erhitzung,
3. im Einschmelzen des Rohstahls in kleinen Chargen, welche in geschlossenen Tiegeln im Flammofen aufgestellt werden, zu grösseren Stahlguss-Blöcken, welche wie die Packete sub 2 behandelt werden. Wiederholtes Umschmelzen dient zur Verbesserung der Qualität durch Erzielung grösserer Gleichartigkeit des Fabrikats.

Die Methode zu 1 wird namentlich bei Bessemer-Stahl angewandt, die zu 2 bei Puddel-Stahl. Beide liefern den sogen. raffinirten Stahl, bei wiederholtem Packetiren und Ausschweissen den doppelt raffinirten Stahl etc. Die Methode zu 3 eignet sich für jeden Stahl und liefert den sogen. Gusstahl. —

Die Flamm- und Schweissöfen für die Erhitzung von Stahl gleichen den bei der Schmiedeisen-Bereitung gebräuchlichen; doch wird zur Unterhaltung der Feuerung gewöhnlich Gebläseluft unter den Rost geführt und ist für besonders guten Verschluss der Arbeitsthüren und Feuerthüren zu sorgen. — Die Schmelzöfen sind ebenfalls gewöhnliche Flammöfen, in welchen jedoch eine besondere Kammer zum Vorwärmen der Tiegel bis zur Rothglühhitze angelegt ist, da eine allmählige Erhitzung der Tiegel im Interesse der Haltbarkeit geboten ist. — Die Hämmer, welche man verwendet, sind gewöhnlich Dampfhämmer und macht man bei denselben wegen der vergleichsweise geringen Glühhitze, in welcher das Schmieden des Stahls erfolgt, den Ambos etwa 50 % schwerer als bei Hämmern, die für Verarbeitung von Schmiedeisen dienen. Auch die Walzwerke werden aus angeführtem Grunde entsprechend stärker ausgeführt. Die Fabrikate der Stahlwerke werden unterschieden als Bessemerstahl, Gussstahl und raffinirter Stahl. Ersterer hat wegen seiner direkten Verwalzung geringe Qualität; der raffinirte Stahl umfasst alle Qualitäten und kann auch als Schweiss-Stahl hergestellt werden; Gussstahl ist meist von vorzüglicher Qualität, aber schwer schweissbar, besitzt dagegen grosse Härtbarkeit. —

D. Schmiedbares Gusseisen.

Gusseisen-Waren, welchen man die Eigenschaften von Schmiedeisen verleiht (adouzirt), sind gewöhnlich von geringen Abmessungen und dünnwandig. Die Stücke werden in Partien von ca. 20 kg in zylindrischen eisernen Tiegeln von etwa 0,3 m Höhe aufgeschichtet und mit sogen. Zementir-Pulver umgeben; die Schichtung wird mit einer gesättigten Kochsalz-Lösung getränkt und in mässiger Wärme getrocknet. Als Zementir-Pulver braucht man entweder gestossenen Hammerschlag oder gepulverten Rotheisenstein, auch gerösteten und gestossenen Spatheisenstein. Der getrocknete eiserne Tiegel wird mit einer Schicht trockenen Zementir-Pulvers abgedeckt, mit eisernem Deckel

geschlossen, darauf in einen andern Tiegel aus feuerfestem Thon gesetzt, wonach der Zwischenraum der Wandungen mit Kohlengrus gefüllt und ein Deckel aufgekittet wird. Der Tiegel ist 3 bis 5 Tage lang der Glühhitze auszusetzen und alsdann langsam abzukühlen. —

II. Kupfer.

Reines Kupfer schmilzt bei etwa 1100° C., ist nicht schweissbar und schlecht giessbar, aber ausgezeichnet streckbar. Das Schmelzen von Kupfer geschieht im Flammofen oder Tiegelofen; die Gussformen gleichen den für Eisen gebräuchlichen, doch ist jede schwierige Form zu vermeiden. Ein Zusatz von ½ bis 2 % Phosphor erleichtert den Guss und erhöht die Festigkeit der Ware.

Kupferplatten werden entweder gänzlich mit dem Hammer getrieben oder damit vorgearbeitet und dann — angewärmt — fertig gewalzt wie Eisen. Der Betrieb eines Walzwerks mit 2^m langen und $0{,}45^m$ dicken Walzen erfordert etwa 15 Pfdkr.

Draht und gezogene Röhren werden aus gegossenen oder aus Blech geschnittenen Stäben auf der Ziehbank hergestellt. Röhren für höheren Druck, wie z. B. Dampfröhren, werden aber aus Blech durch Löthen mit Hartloth fabrizirt und nur event. auf der Ziehbank nachgezogen. —

III. Zinn.

Reines Zinn schmilzt bei ca. 230° C., lange vor Eintritt der Glühhitze, verkürzt sich beim Erkalten um etwa 0,7 % in linearer Richtung, ist auch kalt äusserst dehnbar und lässt sich vorzüglich giessen. — Zinn ist gewöhnlich bleihaltig; es findet unversetzt nur geringe Verarbeitung. Die Giessformen sind im allgemeinen wie beim Eisenguss, doch kommen bei dem niedrig liegenden Schmelzpunkt auch andere Form-Materialien wie Gips, Holz u. dgl. zur Verwendung. — Platten von besonders geringer Dicke (½ bis $\frac{1}{30}$ mm) werden als sogen. Zinnfolie hergestellt, indem man gegossene Platten in mehreren Lagen auf einander legt und durch Hämmern oder Walzen in kaltem Zustande streckt. — Röhren werden gegossen, bezw. schon gegossene Röhren auf der Ziehbank vollendet. —

IV. Zink.

Reines Zink schmilzt bei ca. 410° C., kurz vor dem Glühen; es verkürzt sich beim Erkalten um etwa 1,2 % in linearer Richtung, ist im kalten Zustande sehr spröde und brüchig, lässt sich aber, auf 100° C. und mehr erwärmt, ohne Schwierigkeit walzen und strecken und ist vorzüglich gut giessbar. Zink ist meist mit Blei und anderen Metallen verunreinigt. — Die Formen für Zinkguss gleichen denen für Eisenguss, doch kommen für Massen-Fabrikation vielfach Metallformen zur Anwendung. Bei der geringen Festigkeit des Zinks ist stets Sorge zu tragen, dass der Guss sich beim Erkalten ungehindert zusammen ziehen kann. — Zinkblech wird aus gegossenen Platten in warmem Zustande in Dicken von $0{,}5$—3^{mm} gewalzt und müssen die Platten nach dem Walzen wiederum auf 250° C. erwärmt und alsdann erst wieder langsam abgekühlt werden. —

V. Blei.

Reines Blei schmilzt bei etwa 320° C., also vor dem Glühen, verkürzt sich beim Erkalten in linearer Richtung um etwa 1 %, ist auch in kaltem Zustande äusserst weich und biegsam, lässt sich gut

giessen, kalt strecken, stauchen, walzen und pressen. Die Verunreinigungen betragen i. d. R. 1 bis 2%. — Blei wird zu Gussstücken, Platten, Draht, Röhren, Kugeln etc. etc. verwendet. — Bleiguss dient besonders, um die zur weiteren Verarbeitung erforderliche, rohe Gestalt herzustellen; das Giessen wird in hölzernen, steinernen, metallenen etc. Gefässen ausgeführt. — Blech wird aus gegossenen Platten kalt gewalzt bis zu $\frac{1}{20}$ mm Dicke; sehr dünne Platten werden in mehreren Lagen auf einander gewalzt. — Draht und Röhren werden vorzugsweise gepresst, da die Weichheit des Metalls das Ziehen schwierig macht. Zum Herstellen von Draht wird das erhitzte Blei aus dem Press-Zylinder durch den Kolbendruck, durch eine einzige vorhandene Oeffnung heraus gedrängt. Bringt man in der Oeffnung einen fest stehenden Dorn an, so entsteht ein Rohr, durch Aufschneiden des Rohrs eine Platte — Blech —, so dass man also mittels des Pressens auf demselben Apparate Draht, Röhren und Platten herstellen kann. — Kugeln werden bei geringem Bedarf in eisernen Formen gegossen; für fabrikmässige Herstellung mittels eiserner Stempel aus Bleiplatten gepresst. — Flintenschrot wird aus Blei, das mit etwa 4% Arsenik versetzt ist, in der Weise hergestellt, dass man das geschmolzene Blei durch ein, in der Spitze eines etwa 30 m hohen Thurmes angebrachtes Sieb giesst, dessen Boden mit Bleiasche bedeckt ist, und das durchtropfende Blei, welches beim Fallen kugelige Gestalt annimmt, in einem Gefäss mit Wasser unten im Thurme auffängt. Der Schrot muss alsdann sortirt werden. —

VI. Legierungen.

Durch Zusammenschmelzen verschiedener Metalle, bezw. durch Hinzufügen von Metallstücken zu der geschmolzenen Masse eines anderen Metalls werden sogen. Legierungen hergestellt. In vielen Fällen bleiben die Haupteigenschaften eines Metalls erhalten und erfolgt die Vermischung nur im Interesse des Preises oder der Verarbeitung mit anderen Metallen, doch haben in den meisten Fällen die Legierungen ihre besonderen Eigenschaften.

Zinn wird mit Blei bis zu gleichen Theilen versetzt; diese — wohlfeile — Legierung hat einen niedrigeren Schmelzpunkt, als reines Zinn. Durch einen geringen Zusatz von Antimon oder Kupfer erzielt man eine weiche, aber immerhin festere Legierung, welche sich, ihres geringen Schmelzpunktes wegen, für solche Lagerschalen gut eignet, die durch direktes Umgiessen des Zapfens hergestellt werden. Diese sogen. „Komposition", auch Weissmetall genannt, enthält gewöhnlich auf 10 Theile Zinn 2 bis 4 Theile Antimon oder Kupfer, z. B. genauer: 10 Zinn, 1 Antimon, 3 Kupfer. Wegen der silberähnlichen Farbe finden diese Legierungen viel Verwendung für Geschirre und Geräthe zum häuslichen Bedarf. — Eine besonders leichte Schmelzbarkeit erzielt man durch einen Zusatz von Wismuth; es schmilzt z. B. die Legierung: 1 Zinn, 1 Blei, 2 Wismuth bereits bei 100° C. —

Zink erhält, um seine Sprödigkeit zu verringern, beim Einschmelzen einen Zusatz von 1 bis 12% Kupfer, das für Herstellung von Blech dienende Zink ausserdem auch geringe Zusätze von Antimon und Zinn. —

Blei wird, um grössere Härte zu erzielen, mit Antimon oder Zink legiert. So z. B. besteht Lettern-Metall aus: 4 bis 7 Blei und 1 Antimon und geringen Zusätzen von Zink und Kupfer. — Eine passende Legierung für Metall-Modelle ist: 5 Blei — 4 Zink — 1 Antimon. —

Kupfer-Legierungen sind Messing und Bronze. Messing (d. i. Kupfer mit höchstens 45% Zink-Zusatz) lässt sich vorzüglich

giessen, in kaltem Zustande strecken, stauchen, walzen und ziehen, in schwacher Rothglühhitze schmieden, während sein Schmelzpunkt in der Rothglühhitze liegt. Es dient als Guss-Messing insbes. zu Gegenständen, die nicht rosten dürfen, ferner zu Blech, Draht und Röhren. Je nach der Grösse des Zink-Antheils ist das Messing röthlich oder mehr weisslich gefärbt und unterscheidet man hiernach wohl noch Tomback und eigentliches Messing. Alle diese Legierungen können ohne besonderen Nachtheil mit etwas Blei vermischt sein. Man verwendet gewöhnlich folgende Mischungen: Tomback (für Luxusartikel): 10 bis 20 % Zink; Messing (für Blech, Röhren, Draht): 28 bis 35 % Zink; schmiedbares Messing (für Schiffsbeschläge): 40 % Zink.

Die Messing-Giesserei bietet wenig Abweichendes von der Eisen-Giesserei. Man schmilzt die einzelnen Bestandtheile gewöhnlich im Tiegelofen in Partien von etwa 25 kg und giesst aus den Tiegeln, bei grösseren Güssen aus dem Flammofen. Im letzteren Falle ist es nothwendig, fertige Legierung zum Einschmelzen zu verwenden oder auch das Zink erst nach dem Schmelzen des Kupfers zuzusetzen. Beim Erkalten zieht sich das Metall um etwa 1,5 % zusammen. — Gewöhnliches Messingblech wird aus gegossenen Platten kalt gewalzt oder mit leichten Hämmern geschlagen, bedarf aber dabei häufigen Ausglühens mit allmähligem Erkalten, um die durch das Walzen oder Hämmern hervor gerufene Sprödigkeit zu beseitigen. Blech aus schmiedbarem Messing wird glühend gewalzt. Dünne Bleche werden in Lagen von 20 Stück und mehr auf einander liegend, mittels Gebrauchs der Schnellhämmer gestreckt, welche 300 bis 400 Schläge p. M. machen; hierher gehört das sogen. Rauschgold. Unechtes Blattgold ist Tombackblech von $\frac{1}{1500}$ bis $\frac{1}{2000}$ mm Stärke, das aus gegossenen Stäben durch Walzen oder Hämmern hergestellt wird. Nachdem das Blech etwa Papierdicke erreicht hat, wird beim Ausstrecken zwischen je 2 Blätter ein Pergament-Blatt, und nach weiterem Ausstrecken ein sogen. Goldschläger-Häutchen (Oberhaut vom Blinddarm des Ochsen) gelegt. In gleicher Weise fertigt man auch unechtes Blattsilber aus einer Legierung von Zinn mit etwas Zink oder aus Argentan (Messing mit ca. 25 % Nickel) an. — Messing-Draht wird aus geschnittenen Streifen Blech auf der Ziehbank gezogen, wie Eisendraht. — Messing-Röhren werden entweder gegossen und alsdann auf der Ziehbank kalt gezogen, oder aus Blech durch Löthung hergestellt. —

Bronze besteht im wesentlichen aus Kupfer und Zinn und hat höchstens 35 % Zinngehalt. Die reinen Kupfer-Zinn-Legierungen sind sehr zähe und fest, welche Eigenschaften durch einen geringen Zusatz von Phosphor noch erhöht werden. Besonders fest sind Legierungen von weniger als 15 % Zinngehalt, die in kaltem Zustande wenig, im rothwarmen gut hämmerbar sind, sich aber weniger gut giessen lassen. Der Schmelzpunkt liegt bei 900—1000° C. Legierungen mit 15 bis 20 % Zinngehalt sind härter als die vorigen, aber auch spröder, haben sehr schönen Klang, niedrigeren Schmelzpunkt und lassen sich besser giessen. — Legierungen mit 25 bis 35 % Zinngehalt sind fast glashart und spröde. — Legierungen von noch grösserem Zinngehalt werden wieder weicher und nähern sich mehr und mehr der Beschaffenheit des reinen Zinns. — Durch einen Zusatz von Zink wird im allgem. bei allen diesen Legierungen die Schmelzbarkeit und Sicherheit des Gusses erhöht, die Festigkeit und Zähigkeit aber verringert. —

Die Kupfer-Zinn-Legierungen finden folgendermaassen Verwendung: Glockenmetall (grosse Härte und schöner Klang); Thurmglocken: 78 Kupfer, 22 Zinn; Hausglocken: 80 Kupfer, 20 Zinn. — Bronze

für Maschinenlager (Festigkeit und Zähigkeit, feines Korn und Härte gegen die Abnutzung durch Reibung, dichter Guss): 75 bis 85 Kupfer, 8 bis 16 Zinn, 2 bis 9 Zink; z. B. 82 Kupfer, 16 Zinn, 2 Zink, oder 79 Kupfer, 8 Zinn, 5 Zink, 8 Blei. — Kanonenmetall (besonders grosse Festigkeit und Zähigkeit): 90 bis 91 Kupfer, 10 bis 9 Zinn. — Bronzeblech für Schiffs-Beschlag (Zähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung von Seewasser (95 Kupfer, 5 Zinn. — Statuen-Bronze (schöne Färbung, dünnflüssiger, dichter und scharfer Guss, leichte Ziselirfähigkeit): 82 bis 83 Kupfer, 2 bis 4 Zinn, 10 bis 18 Zink; z. B. 83 Kupfer, 4 Zinn, 13 Zink; 82,5 Kupfer, 4,1 Zinn, 10,3 Zink, 3,1 Blei. — Bronze für Maschinentheile: Für solche Maschinentheile, welche ein Material von hoher Festigkeit und Zähigkeit erfordern (Ventilgehäuse, Zahnräder u. dgl.) wählt man die Zusammensetzung des Kanonenmetalls, event. mit einem geringen Zusatz von Zink; für Maschinentheile, welche weniger hohe Festigkeit als feines Korn und dichten Guss haben müssen, nimmt man Legierungen, welche sich mehr der Zusammensetzung der Statuen-Bronze nähern. — Bronze wird aus Tiegeln oder Flammöfen gegossen, wobei man in der Regel zuerst das Kupfer zum Schmelzen bringt, ehe das Zinn zugesetzt wird. Beim Erkalten zieht sich die Bronze etwa um 1,5 % zusammen. Durch rasches Abkühlen des frischen Gusses vermindert man die Gefahr von Zinn-Ausscheidungen, während gleichzeitig die Sprödigkeit des Gusses sich vermindert. —

Einige im Bronzeguss besonders vertretene Gegenstände verdienen hinsichtlich der Formerei spezielle Beachtung: Glocken, Kanonen und Kunst-Gegenstände aller Art:

Glocken werden mit der Oeffnung nach unten gekehrt gegossen, kleine Glocken in Formkasten nach Modellen in Sand geformt, die Krone oder die Henkel in besonderem Kasten in Masse. Schrift und Verzierungen werden nach Gipsformen in Wachs angefertigt, mit Talg auf das Modell geklebt und bleiben beim Herausnehmen desselben zunächst in der Form sitzen, aus welcher sie beim Trocknen heraus schmelzen. Grosse Glocken formt man ganz in Lehm in einer Grube mit vertikaler Spindel im Zentrum, um welche sich eine Schablone von der Form der inneren Höhlung der Glocke dreht, nach welcher der Kern aufgemauert wird, den man mit Lehm genau abgleicht, alsdann trocknet und mit Kohlenpulver einschwärzt. Darauf wird eine Schablone von der äusseren Glockenform an der Spindel befestigt, nach dieser auf den Kern Lehm aufgetragen, abgestrichen etc., das so gebildete Lehm-Modell ebenfalls getrocknet und mit Talg eingefettet. Nunmehr werden Schrift und Verzierungen in Wachsformen aufgesetzt; alsdann wird die äussere Hülle durch Auftragen von Lehm in Ring- oder Segmentform hergestellt. Die Krone wird mit einem Theil der Decke in besonderem Kasten über Holz- oder Wachs-Modell geformt. Nach sorgfältigem Trocknen der Hülle, wobei die Wachsformen heraus schmelzen, folgen: Abnehmen der Hülle, des Lehm-Modells der Glocke, Ausheben der Spindel, Wiederaufsetzen von Hülle und Krone, Umstampfen der Form mit Sand oder Erde in der Grube, Belastung der Decke zum Schutz gegen das Auftreiben beim Gusse, und erfolgt alsdann der Guss, welcher i. d. R. aus einem Flammofen geschieht.

Da die Klangfarbe der Glocke z. Th. von der Zusammensetzung des Metalls abhängt, so ist es, wenn mehre Glocken, die zu einem Geläute gehören, gegossen werden sollen, wesentlich, den Guss aller Glocken aus einerlei Schmelzmasse vorzunehmen, was im allgem. nicht schwer hält, da letztere aus mehren Flammöfen mittels Pfannen leicht herbei geschafft werden kann.

Der Ton, den eine Glocke giebt, ist nicht eintheilig, sondern aus 3, bei neueren Glocken meist 4 Tönen, zusammen gesetzt, die an verschiedenen Stellen der Glocke ihren Ursprung nehmen. Die Einzeltöne müssen unter einander in Harmonie stehen und bildet es bei Anfertigung der Glocke die schwierigste Aufgabe, diese Harmonie in möglichster Vollkommenheit zu erreichen. Es wirken darauf insbesondere Höhe, Durchmesser, Schweifung und Wandstärke der Glocke — die sogen. Rippe, ein. Es muss die Höhe in gewissen Verhältnissen zum Durchmesser des sogen. Schlagrings gewählt werden und eine gesetzmässige Schweifung stattfinden. Bei der Wandstärke, — die im übrigen auch von Rücksichten der blossen Festigkeit mit bedingt ist — ist eine der Harmonie der Einzeltöne entsprechende Vertheilung des Materials in den verschiedenen Höhen-Schichten vorzunehmen. Die physikalischen Gesetze über die eben erwähnten Anforderungen musikalischer Art an eine Glocke sind bis heute nicht völlig klar gestellt; es stehen nur die Grund-Anschauungen fest, denen man mit gewissen, aus der Erfahrung abstrahirten Regeln so weit zu Hülfe kommt, um den musikalischen Anforderungen, die beim Guss einer Glocke zu beachten sind, in angenäherter Vollendung entsprechen zu können. Selbstverständlich werden hierbei verschiedene Lösungen — d. i. verschiedene „Rippen" für Glocken von gleichem Gewicht möglich sein und es wird diese Verschiedenheit durch die in Fig. 79 gegebenen beiden — typischen — Rippen veranschaulicht. Die französische (linksseitige gestellte) Rippe soll in höherm Grade als die deutsche (rechtsseitige) das Ergebniss physikalischer Gesetze sein. Der örtliche Sitz des sogen. Grundtons ist bei beiden Rippen der Schlagring; Oberton und Mittelton originiren bezw. unter dem Deckel und in mittlerer Höhe der Glocke. Der event. 4. Beiton, von etwas grösserer Tiefe als der Grundton, entsteht in der spitz zulaufenden unteren Endigung der Glocke. — Bei der grossen Empfindlichkeit, die der Klang besitzt, hat selbst der erfahrenste Glockengiesser die Güte seines Werks nicht vollkommen in der Hand und muss sich daher ein Mittel reserviren, um einen etwaigen Mangel nachträglich beseitigen zu können. Dies Mittel besteht in der Herstellung einer etwas vergrösserten Guss-Stärke, die man demnächst durch Abdrehen so weit reduzirt, dass sich der gewollte Ton ergiebt. Selbstverständlich kann durch das Abdrehen eine Korrektur des Tons nur im Sinne einer Vertiefung erzielt werden; ein Mittel, den Ton nachträglich zu erhöhen, giebt es nicht. —

Das Klöppel-Gewicht ist $\frac{1}{40}$ des Glocken-Gewichts, bei grossen Glocken ist ein geringer Zuschlag zu geben. —

Exakte mathematische Beziehungen zwischen Durchmesser und Gewicht einer Glocke existiren nicht. Da aus musikalischen Rücksichten die Glocken-Höhe als Funktion des Schlagring-Durchmessers behandelt wird, und da ferner die Wandstärke der Glocke ebenfalls eine Funktion jenes Durchmessers ist, so wird die Formel für das Glockengewicht im allgem. die Form haben: $G = C\,D^3$, worin C Gesammt-Konstante ist. Für eine andere Glocke von bekanntem Durchmesser d und bekanntem Gewicht g ist ebenmässig $g = C\,d^3$ und hiernach:

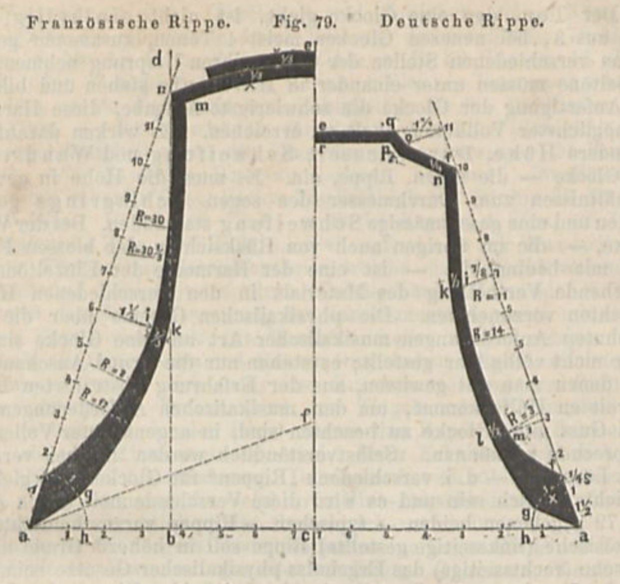
$$G = g\,\frac{D^3}{d^3}.$$

Werden hierin die bekannten Zahlenwerthe von g und d eingesetzt, so erhält man für Glocken, die nach der gleichen Rippe geformt wurden, wie die, von welcher die Werthe g und d entnommen sind, eine Näherungsformel:

$$G = 0{,}0006\,D^3,$$

worin G in kg, D in cm zu denken ist.

Französische Rippe. Fig. 79. Deutsche Rippe.



Konstruktion der Rippen: Die Maass-Einheit, der sogen. Schlag, ist in beiden voran stehenden Rippen ein bestimmter Theil des Glocken-Durchmessers; die Konstruktion folgende:

Französische Rippe.

Der Schlag = 1 ist $^1/_5$ des Durchmessers. Errichte im Halbirungs-Punkte von $ac = 7\frac{1}{2}$ Schlag, $bd \perp ac$, nimm eine Länge = 12 in den Zirkel und schlage damit um a als Mittelpunkt einen Bogen, wodurch sich die Lage des Punktes 12 auf der Senkrechten bd bestimmt. Mache $ah = 1\frac{1}{2}$ und schlage mit dieser Länge um a als Mittelp. einen Bogen hg $1\frac{1}{2}$ und trage auf demselben von h aus die Länge 1 (bis zum Punkte g) ab, so ergiebt sich dadurch die Schlagring-Dicke der Glocke. Errichte in Punkt 6 auf der Schrägen a 12 eine Normale, auf welcher von 6 aus die Längen $1\frac{1}{3}$ und $(1\frac{1}{3} + \frac{1}{3})$ abgetragen werden. Die Bogenstücke $1\frac{1}{3}\,i$ und gk werden mit Radien bezw. = 8 und 12 konstruirt, die Bogenstücke i 12 u. km mit Radien bezw. = 30 und $30\frac{1}{3}$. Bestimme den Punkt f, indem man die Länge = 8 in den Zirkel nimmt und damit um a als Mittelp. einen Bogen schlägt. f ist der gemeinsame Mittelp. für die 3 Bögen der Glockendecke.

Deutsche Rippe.

Der Schlag ist $^1/_{14}$ des Durchmessers. Schlage mit der Länge = $1\frac{1}{4}$ um a als Mittelp. einen Bogen hg $1\frac{1}{4}$, auf welchen von h aus die Längen $hg = \frac{1}{2}$ und hg $1\frac{1}{4} = 1\frac{1}{2}$ abzutragen, wodurch sich die Schräge a 11 sowohl, als die äussere Begrenzung des Schlagrings fest legt. Bestimme die Punkte 1. 2. ... 11 und errichte in 3. 7. 10 und 11 Normalen, auf denen folgende Längen abzutragen sind: in 3 bezw. 1 u. $1\frac{1}{3}$; in 7 bezw. $\frac{7}{8}$ u. $(\frac{7}{8} + \frac{1}{3})$; in 10 bezw. 0 u. $\frac{1}{4}$; in 11 bezw. 1 u. $1\frac{1}{4}$. Lege, zur Bestimmung des Deckels, durch den Punkt 11 eine Linie $qe \perp$ zur Axe ce und ziehe parallel derselben im Abstande $\frac{1}{4}$, nach unten gerechnet, eine Parallele hierzu. — Die Schweifung des Profils bestimmt sich nach folgenden, $\perp$ zur Schrägen a 11 stehenden Radien: $fm = 3$, $mi = 11$, $gl = 14$ und desgl. $lk = 14$. Die weitern Theile des Profils sind geradlinig begrenzt.

Auf Glocken aus älterer Zeit angewendet, liefert die Formel Werthe, welche meist viel zu gering sind; neuern Glocken schliesst sie sich zwar enger an, doch kommen auch bei diesen Differenzen vor, die etwa zwischen den Grenzen — 5% und + 20% liegen können. — Bei einer Anzahl älterer grösserer Glocken finden zwischen Durchm. und Gewicht folgende Verhältnisse (G in kg, D in cm gedacht) statt:

$G = (25-28)\,D$ bei Glocken v. 5000— 6000kg	$G = (41-45)\,D$ bei Glocken v. 10000—11000kg
$G = (28-31)\,D$ „ „ „ 6000— 7000kg	$G = (45-49)\,D$ „ „ „ 11000—12000kg
$G = (31-35)\,D$ „ „ „ 7000— 8000kg	$G = (49-53)\,D$ „ „ „ 12000—13000kg
$G = (35-38)\,D$ „ „ „ 8000— 9000kg	$G = (53-57)\,D$ „ „ „ 13000—14000kg
$G = (38-41)\,D$ „ „ „ 9000—10000kg	$G = (57-60)\,D$ „ „ „ 14000—15000kg

Bedingungen, welche in Verträgen über einen Glockenguss besondere Bedeutung haben, sind folgende: Bestimmter musikalischer Ton, am besten nach einer Orgelpfeife zu kontroliren; letzteres so, dass die in die Nähe der Glocke gebrachte Pfeife angeblasen wird, wodurch die Glocke zum Mittönen gelangt. — Reinheit des vorgeschriebenen Tons; geringe anfängliche Mängel pflegen bald dadurch aufzuhören, dass die Anschlagsstellen und der Klöppel glattwandig werden. — Tolerirung von 4 bis 8% Mehrgewicht, das grössere bei kleinen, das kleinere bei grossen Glocken. — Freihaltung der Glocke von Farben- oder Firniss-Anstrich. — Uebertragung von Transport der Glocke an den Fabrikanten. Erprobung: Entweder 24 Stunden lang anhaltendes Läuten mit kurzen Pausen von ½ Stunde zu ½ Stunde oder nur 2—4 stündiges ununterbrochenes Läuten. Günstiger Ausfall der Probe 1 befreit den Fabrikanten von längerer Garantie, während bei gutem Bestande der 2. Probe die Garantie 1 Jahr dauert. —

Kanonenrohre werden in 2theiligen Kasten nach Modellen geformt und stehend, ohne Kern gegossen, da das Loch aus dem vollen Metall gebohrt wird; nur Hinterladungs-Geschütze können mit Kern gegossen werden. Um dem Gusse die gehörige Festigkeit zu geben, bringt man am (oberen) Mündungs-Ende einen sogen. verlorenen Kopf an.

Kunstguss bietet bei seiner Herstellung i. d. Regel dadurch besondere Schwierigkeiten, dass derselbe bei komplizirter Form hohl und möglichst dünnwandig sein muss. Bei kleineren Stücken kommen sehr verschiedene Verfahrungsweisen in Anwendung, die theilweise schwer beschreibbar sind. Grosse Bildwerke werden i. d. R. nach Gipsmodell ausgeführt. Man stellt, um das kostspielige Modell zu erhalten, über diesem eine äussere Form her, in der man den Kern anfertigt. Die äussere, meist vieltheilige Form wird am besten in Gips ausgeführt, um sie bei etwaigem Misslingen des Gusses abermals verwenden zu können, doch kann man sie auch aus Masse herstellen, trocknen und dann sowohl zur Herstellung des Kerns, als auch als Giessform benutzen. Ist eine Gipsform da, so bekleidet man dieselbe mit einer Lage Wachs von der Dicke der Wandung des Gusskörpers, stampft in die zusammen gebaute hohle Form den Kern hinein, nimmt die Gipsform ab und formt schliesslich die Hülle darüber. Bei Wachs-Ueberzug des Kerns kann das Material beim Trocknen der Form heraus geschmolzen werden und ist alsdann die Form zum Gusse fertig. War die erste Form aus Masse hergestellt, so verfährt man mit derselben genau wie mit einer Gipsform, benutzt sie aber als definitive Form, erspart daher ein einmaliges Einformen. — Die Herstellung des Kerns geschieht auch wohl durch Eingiessen eines dicken Breies von Ziegelmehl und Gips mit Wasser gemischt. — Die äussere Form wird entweder aus Masse, oder aus Lehm hergestellt und zwar wendet man in letzterem Falle für die erste Schicht einen feuchten Brei von feinem Lehm und Ziegelmehl an. —

Bronce-Blech wird wie Messing-Blech fabrizirt. —

VII. Löthen.

Nach der Festigkeit und Schmelzbarkeit der Löthmasse (Loth) werden Weichloth und Hartloth unterschieden.

Weichloth besteht aus Zinn und Blei, event. Wismuth; nur für Zinn-Löthung bedient man sich des unversetzten Zinns. Je nach der Art der Legierung erzielt man folgende Schmelzpunkte:

34 Zinn und 66 Blei, schmilzt bei etwa 230° (wie reines Zinn).
50 „ „ 50 „ „ „ „ 190°
60 „ „ 40 „ „ „ „ 170°
44 Zinn, 44 Blei und 12 Wismuth desgl. bei etwa 160°
33 „ 33 „ „ 33 „ „ „ „ 124°

Weichloth wird in Form von gegossenen Stangen gebraucht; mittels eines erhitzten — kupfernen — Löthkolbens wird das erforderliche Quantum von dem Stabe abgeschmolzen und auf der Löthfläche ausgebreitet. Grosse Gegenstände muss man vorher erhitzen, damit das Loth haftet. Um die metallisch rein vorzubereitenden Löthungsflächen während der Löthung rein zu erhalten, bestreut man sie mit Colophonium oder bestreicht sie mit Salmiak. Die weiche Löthung lässt sich gut ausführen bei Schmiedeisen, Kupfer, Zink, Blei und allen nicht leichter als das Loth schmelzbaren Legierungen. Die gebräuchlichsten Sorten Weichloth- — sogen. Schnellloth-Legierungen — sind von Zinn und Blei; Wismuth-Legierungen finden nur ausnahmsweise Verwendung. —

Hartloth besteht aus Kupfer, Messing oder Bronze. Kupfer erhält einen Zusatz von etwa 20 % Blei, um die Schmelzbarkeit zu erhöhen. Ausser gewöhnlichem Messing eignen sich zu Loth folgende bedeutend zähere Legierungen: 48,5 Kupfer, 48,5 Zink, 3 Zinn und 44,5 Kupfer, 5,5 Zink, 50 Zinn. Hartloth wird in Form von Körnern gebraucht, mit denen man die Löthstelle belegt; demnächst findet Erhitzen im Feuer statt. Die Löthflächen werden durch Aufstreuen von Borax oder Aufeuchten mit einem Borax-Brei rein erhalten, welcher Körper von der schmelzenden Lothmasse verdrängt wird. Schmiedeisen wird fast ausschliesslich mit Kupfer gelöthet; Gusseisen lässt sich zwar mit Kupfer löthen, jedoch nur sehr schwierig. —

VIII. Galvanoplastisches Verfahren.

Auf Formen mit metallischer Oberfläche lassen sich mit Hülfe des elektrischen Stroms metallische Niederschläge aus Flüssigkeiten bilden, welche hinreichende Dicke und Festigkeit annehmen, um abgelöst werden und abermals als Form oder für andere Zwecke dienen zu können; namentlich in Gegenständen der Kleinkunst ist das Verfahren bei Vervielfältigungen häufig in Anwendung. Einerseits findet dabei Lösung des Zinks, andererseits Niederschlagen von Kupfer statt. — Für Erzielung eines guten Resultats ist Langsamkeit der Wirkung erforderlich: in 24 Stunden eine Niederschlag-Schicht von Papierdicke. Zur Strom-Erzeugung dienen Gefässe mit Kupfervitriol-Lösung, in denen ein Theil durch eine Blase, etc. abgegrenzt und mit Salzwasser oder verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist (Batterien). In letzterer Flüssigkeit befindet sich ein Stück Zink, das durch einen Messingdraht mit der metallischen Oberfläche der in der Kupfervitriol-Lösung befindlichen Form verbunden ist. Die Vitriol-Lösung besteht aus 3 Th. blauem Vitriol und 11 Th. Wasser, die Säurelösung aus 1 Th. engl. Schwefelsäure und 10 Th. Wasser, oder aus 4 Th. Kochsalz und 11 Th. Wasser. —

IX. Einige schützende Ueberzüge für Metalle.

A. Emailliren.

Eiserne und kupferne Gefässe, Röhren etc. lassen sich mit einer dünnen Schicht leichtflüssigen Glases, sogen. Email, überziehen. Die Auftragung erfolgt in Pulverform; das Schmelzen in eigenen Emaillir-Oefen. Gutes Email besteht im wesentlichen aus Quarzpulver, kohlens. Kali oder Natron und Bleioxyd, und ist dabei farblos und durchsichtig. Durch Zusatz von Metall-Oxyden erzielt man verschiedene Färbungen. Man trägt auch wohl 2 Lagen mit verschiedener Zusammensetzung auf, z. B. nimmt man eine Grundmasse von Quarzsand, Borax und etwas weissem Thon und eine Deckmasse von Quarzsand, Borax und kalzinirter Soda. —

B. Verzinnen.

Das Verzinnen von Eisen wird durch Eintauchen des gereinigten und vorher erwärmten Stücks in das flüssige Metall ausgeführt. Eine starke Verzinnung die gegen die Einwirkung der Luft und Feuchtigkeit, so lange wirksam schützt, als sie unverletzt bleibt, ist ziemlich kostspielig; sie eignet sich vorzüglich in solchen Fällen, wo ein nachheriges Zusammenlöthen erforderlich wird. Besondere Anwendung bei Eisenblech (Weissblech), schmiedeisernen Geschirren und Geräthen aller Art. Zur Ausführung des Prozesses wird das Blech durch Beizen, Glühen und Hämmern vom Hammerschlag befreit und völlig blank gemacht.. In der Regel bedient man sich einer Anzahl heizbarer (gusseiserner) Pfannen, von denen die 1. mit der für den Ueberzug bestimmten Zinn-Masse, die 2. mit besonders reinem Zinn zur Herstellung einer dünnen, sehr glatten Haut, die 3. mit Talg zum Glätten des Ueberzugs gefüllt ist. Eine 4. Pfanne mit einer niedrigen Zinnschicht dient zum Abschmelzen der sogen. Tropfkante. Die Platten werden vor Einlegen in das Zinnbad in ein heisses Talgbad getaucht und bleiben alsdann etwa 1½ bis 2 Stunden lang in der Pfanne. Gusseisen, besonders graues, ist schwierig zu reinigen und lässt sich schlecht verzinnen. —

Gegenstände aus Kupfer und Kupfer-Legierungen werden zuweilen verzinnt, wobei man ebenso verfährt, wie beim Verzinnen von Eisen. — Bleirohre werden vielfach verzinnt; auch hier erhitzt man die Stücke auf den Schmelzpunkt des Zinns und taucht sie dann in flüssiges Zinn ein. Soll das Rohr nur auf der Innenseite verzinnt werden, so wird in das spiralförmig gebogene Rohr flüssiges Zinn hinein gegossen und durch Drehen des Rohres allmählig mit der ganzen Innenfläche in Berührung gebracht. Gepresste Röhren lässt man durch ein Zinnbad gehen, während dieselben aus der Presse hervor treten. —

C. Verzinken.

Das Verzinken von Eisen besitzt, bei wenig kostspieliger Ausführung, den grossen Vorzug, dass selbst kleine Fehlstellen, in Folge der elektrischen Gegenwirkung zwischen Zink und Eisen, dauernd rostfrei erhalten bleiben. Es erfordert, da die Oxydhaut des Eisens bei längerem Liegen im Zinkbade aufgelöst wird, kein gerade sehr sorgfältiges Reinigen. Gewöhnlich werden die Stücke (aus Schmied- oder Gusseisen) in eine Schwefelsäure-Lösung gelegt, mit einem Schaber gereinigt und in heissem Wasser nachgespült. Demnächst taucht man

das Stück in verdünnte Salzsäure oder in eine Salmiak-Lösung und erwärmt es alsdann auf einer sogen. Trockenplatte oder auch anderweitig. Das Zinkbad wird in schmied- oder gusseisernen Kesseln zugerichtet (die vom schmelzenden Zink stark angegriffen werden, und daher kurze Dauer haben). Nach wenigen Augenblicken schon hat sich im Zinkbade der Ueberzug gebildet; anhaftende Tropfen und Unebenheiten werden durch Beizen oder Bürsten, event. auch durch schwaches Glühen in einem Ofen beseitigt.

Die zum Verzinken erforderlichen Einrichtungen etc. sind sehr einfach, so, dass dieselben auf jeder grössern Baustelle, wo ziemliche Mengen von eisernen Bautheilen zu verzinken sind, für geringe Kosten hergestellt werden können. Ausser ein paar Holztrögen, zum Einlegen der Stücke in die Säure-Lösungen und zum Abspülen, ist lediglich ein überdachter Ofen, der den eisernen Zinktrog und die gleichfalls eiserne Trockenplatte heizt, erforderlich. Die Fig. 80, 81, 82 zeigen die Einrichtung einer für vorüber gehende Zwecke erbauten Verzinkungs-Anstalt in welcher Stücke von 1,5 m Länge und geringer Breite auf ein Mal, Stücke von grösserer Länge durch nach einander folgendes Einlegen der Enden verzinkt werden können. Zu der Anlage dürfte etwa nur zu bemerken sein, dass für Heizung des Trogs und der Trockenplatte eine einzige Feuerung dient. — Bei definitiven Einrichtungen verwendet man Tröge grösserer Art, mit entsprechend veränderter Heizung, besondere Oefen, anstatt der Trockenplatten, und Krähne die zum Einlegen und Herausheben der Arbeitsstücke dienen.

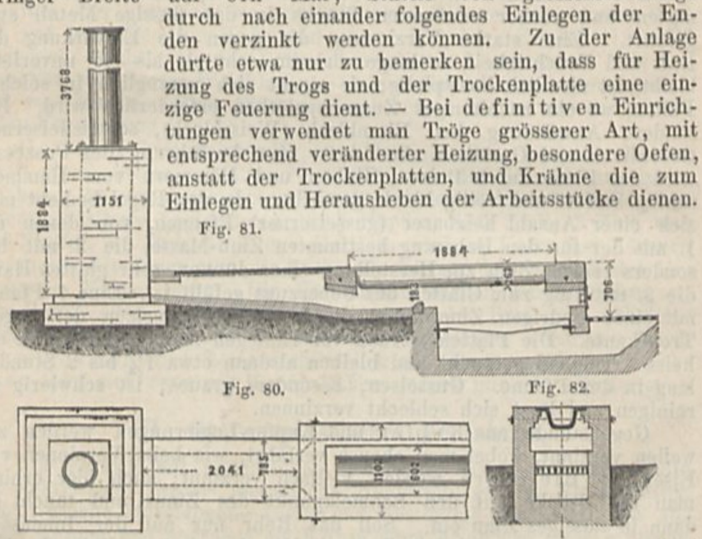


Fig. 81.

Fig. 80.

Fig. 82.

D. Verkupfern.

Das Verkupfern von Eisen findet nur geringe Anwendung und geschieht durch Eintauchen des gereinigten Eisens in eine konzentrirte Kupfervitriol-Lösung, welche mit dem halben Volumen engl. Schwefelsäure versetzt ist, mit nachherigem Abspülen in heissem Wasser (S. ferner oben Galvanoplastik). Wenn Fehlstellen im Ueberzuge vorkommen, so hat dies (eben so wie beim Verzinnen von Eisen) die Wirkung, dass der Rost-Prozess um so rascher fort schreitet. —

E. Verbleien

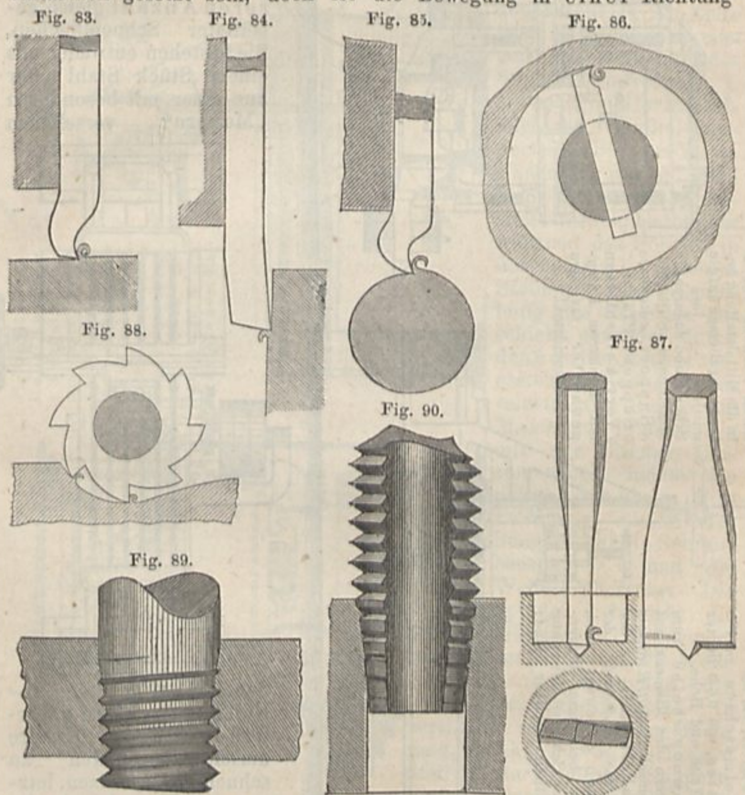
von Eisen findet Anwendung bei solchen eisernen Gefässen, in welchen verdünnte Schwefelsäure oder dgl. aufbewahrt werden soll; es wird auf dieselbe Weise ausgeführt wie das Verzinnen; doch kommt dabei Salmiak statt Colophonium zur Anwendung. —

X. Bearbeitung der Metalle.

Die hier in Betracht kommenden sogen. Werkzeug-Maschinen können nach ihrer Wirkungsweise etc. in die beiden Gruppen: A. Maschinen mit Schneidstahl und B. Schleif-Apparate geschieden werden.

A. Maschinen mit Schneidstahl.

Alle hierher gehörigen Maschinen erfüllen ihre Aufgabe durch das sukzessive Abarbeiten von Spähnen mittels eines Schneidwerkzeugs, das in zwangmässiger Bahn verschoben wird. Um eine bearbeitete Fläche herzustellen, muss die Verschiebung des Schneid-Werkzeugs aus mehreren, in verschiedenen Richtungen liegenden Bewegungen zusammen gesetzt sein, doch ist die Bewegung in einer Richtung



jedesmal eine hervor ragende und für die Art der Bearbeitung charakteristische. Diese Hauptbewegung ist entweder eine hin- und her gehende oder aber eine rotirende: „Hobeln“, „Drehen“, „Bohren“, „Fräsen“ und „Gewindeschneiden“.

Zum Hobeln dienen die Hobel-Maschinen und Stoss-Maschinen, welche sich im wesentlichen dadurch unterscheiden, dass der eigentliche Hobelstahl bei den ersteren winklig (Fig. 83), bei den Stoss-

Maschinen parallel zur Bewegungs-Richtung (Fig. 84), geführt wird. Bei beiden Maschinen erfolgt das Schneiden nur beim Vorwärtsgange.

Zum Drehen dienen ausschliesslich die Drehbänke, zum Ausbohren Drehbänke und Bohrmaschinen, zum Fräsen Drehbänke, Bohrmaschinen und Fräs-Maschinen, zum Gewindeschneiden Drehbänke und Gewindeschneid-Maschinen.

Drehstahl (Fig. 85) und Bohrmesser (Fig. 86) gleichen dem Hobelstahl und stehen, wie dieser, winklig zur Bewegungs-Richtung. Bei einer mathematisch gleichmässigen Verschiebung des Stahls wird der Spahn spiralförmig ausgehoben und man benutzt diese Eigenschaft um Schraubengewinde auf der Drehbank zu schneiden. Bohrer (Fig. 87) sind am Ende mit doppelter Schneide versehen. — Fräser sind rotirende Schneid-Apparate, mit einer grösseren Anzahl gleich gestalteter Schneidflächen. Sie bestehen entweder aus einem Stück Stahl oder aus einer mit besonderen „Messern“ versehenen Scheibe (Fig. 88). — Schneidbacken u. Gewindebohrer. Erstere umschliessen den zu schneidenden Bolzen, letztere arbeiten sich in die zu schneidende Mutter ein (Fig. 89, 90).

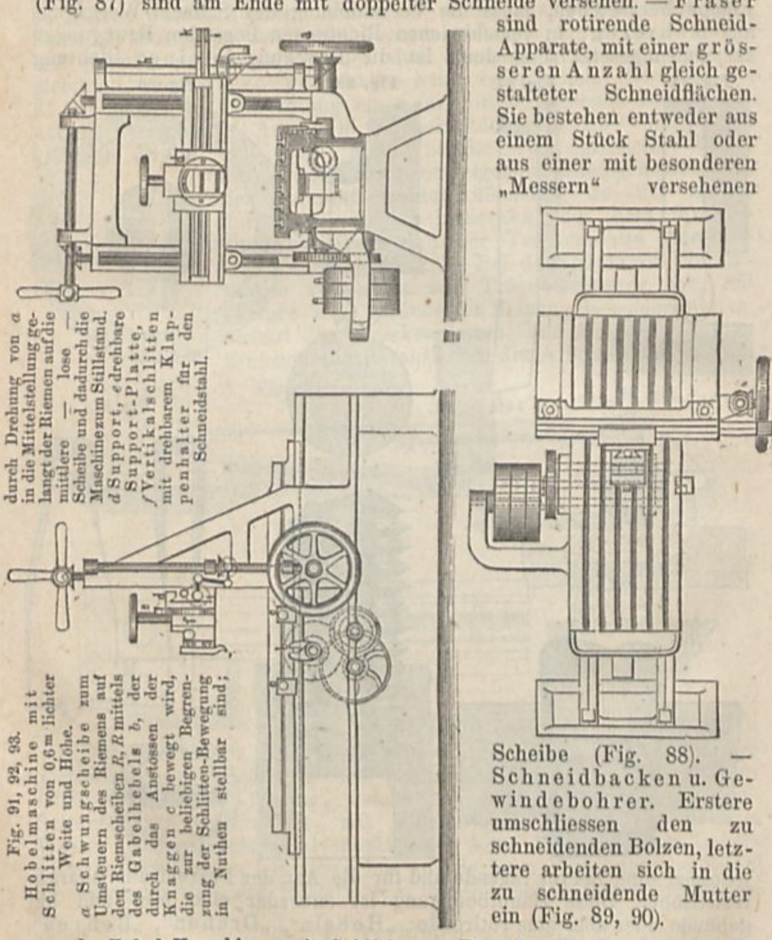


Fig. 91, 92, 93. Hobelmaschine mit Schlitten von 0,6m lichter Weite und Höhe. *a* Schwungscheibe zum Umsteuern des Riemens auf den Riemscheiben *R*, *R* mittels des Gabelhebels *b*, der durch das Anstossen Knaggen *c* bewegt wird, die zur beliebigen Begrenzung der Schlitten-Bewegung in Nuthen stellbar sind; durch Drehung von *a* in die Mittelstellung gelangt der Riemen auf die mittlere — lose — Scheibe und dadurch die Maschine zum Stillstand. *d* Support, *e* drehbare Support-Platte, *f* Vertikalschlitten mit drehbarem Klappenhalter für den Schneidstahl.

1. Hobel-Maschinen mit Schlitten. Das Arbeitsstück wird auf einen horizontalen Schlitten gespannt, der auf dem sogen. Bett hin und her geht, während der Schneidstahl an einem mit dem Bett verbundenen, über Schlitten und Arbeitsstück hinweg reichenden

Galgen, der aus 2 Ständern mit Traverse besteht, befestigt ist. Der freie Raum zwischen Schlitten und Galgen, welcher auch für die Grösse des Arbeitsstücks maassgebend ist, wird gewöhnlich quadratisch gemacht und variirt von 0,5 bis 2,5 m im Quadrat, während die Länge des Schlittens gewöhnlich das 2- bis 4fache der Breite ist.

In Fig. 91—93 sind Bett, Schlitten, Ständer und der vertikal verstellbare Support-Träger mit dem horizontal verschiebbaren Support leicht kenntlich. Die verschiedenen Support-Bewegungen werden dadurch erzielt, dass auf dem horizontalen Support-Schlitten, eine drehbare Support-Platte (e) und auf dieser der Vertikal-Schlitten f mit einem drehbaren Klappenhalter angebracht ist. Am Ende jedes Rücklaufs muss eine geringe Verschiebung des Supports eintreten, u. z. entweder des Horizontal- oder des Vertikal-Supports. Die Support-Platte e kann nur um 30° nach jeder Seite schräg gestellt werden, bleibt aber während des Hobelns in der einmal gegebenen Stellung. Die Verschiebung des Supports geschieht entweder durch den Arbeiter, mittels aufgesteckter Kurbeln, oder selbstthätig durch die Maschine (gleichzeitig mit der Riemen-Umsteuerung), indem die Schwungscheibe a ihre Bewegung mittels der Stange h auf die Schraubenspindel i und die Welle k überträgt. Die Spindel i bewirkt die Horizontal-Bewegung des Supports, die Welle k die Bewegung des Vertikal-Supports in vertikaler oder geneigter Richtung, unabhängig von d. schrägen Stellung der drehbaren Support-Platte. Der mechanische Vorschub des Supports kann seiner Grösse und Richtung nach beliebig verstellt, event. abgestellt werden. Die Riemscheiben der Maschine machen 45 Umdrehungen p. M., die entsprechende Schlitten-Bewegung beträgt beim Vorwärtsgang 65 mm, beim Rückgang 130 mm p. Sek., der mechanische Vorschub variirt von ⅓ bis 1 mm. Der Schlitten kann im Max. 1,5 m durchlaufen. — Die Maschine erfordert beim Leergang etwa 0,15, beim Arbeitsgang etwa 0,5 Pfdkr., wobei sie stündlich ca. 4 kg Spähne liefert; ihr Gewicht beträgt 1400 kg. —

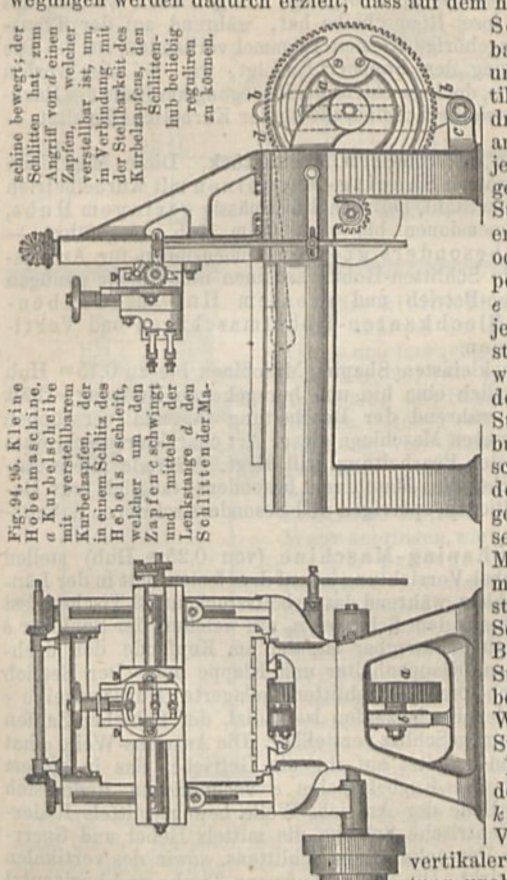


Fig. 94, 95. Kleine Hobelmaschine, a Kurbelscheibe mit verstellbarem Kurbelzapfen, der in einem Schlitz des Hebels b schleift, welcher um den Zapfen c schwingt und mittels der Lenkstange d den Schlitten der Maschine bewegt; der Schlitten hat zum Angriff von d einen Zapfen, welcher verstellbar ist, um, in Verbindung mit der Stellbarkeit des Kurbelzapfens, den Schlittenhub beliebig reguliren zu können.

Alle Schlitten-Hobelmaschinen gleichen im wesentlichen der eben beschriebenen. Bei grösseren Maschinen (von mehr als 1,5 m lichter Breite) sind gewöhnlich 2 Supports neben einander mit unabhängiger Bewegung vorhanden. —

Kleine Maschinen werden im Gegensatz hierzu mit vielfachen Abweichungen gebaut und z. B. (Fig. 94, 95) durch Kurbel-Mechanismus mit Lenkstange betrieben. Zur Regulirung der Schlitten-Geschwindigkeit ist die Antriebswelle der Maschine mit 4 Stufenscheiben versehen, welche von einem Decken-Vorgelege aus getrieben werden, das eine feste und eine lose Riemscheibe hat, während auf der Transmissions-Welle eine zugehörige Riemen-Trommel vorhanden ist. — Die mechanische Vorrückung des Supports erfolgt, wie bei der vorhin beschriebenen Maschine, doch geschieht die Bewegung am Ende des Rücklaufs durch eine exzentrische Scheibe, die an der Kurbelscheibe sitzt. —

2. Hobelmaschinen mit ruhendem Arbeitsstück. Diese Maschinen werden unter dem Beinamen Shaping-Maschinen mit Kurbelbetrieb und horizontal bewegtem Stahl, bei verhältnissmässig geringem Hube, von den kleinsten Dimensionen bis etwa 0,6 m Hub, ausgeführt, — ferner aber auch in besonders grossen Dimensionen für Arbeitsstücke, bei denen die Schlitten-Hobelmaschinen nicht mehr genügen würden, mit Schrauben-Betrieb und grossem Hub als Gruben-Hobelmaschinen, Blechkanten-Hobelmaschinen und Vertikale Hobelmaschinen.

Während bei den kleinsten Shaping-Maschinen bis zu 0,15 m Hub der Schneidstahl lediglich eine hin und her gehende Bwegung erhält und das Arbeitsstück während der Bearbeitung langsam verschoben wird, ist für alle grösseren Maschinen dieser Art charakteristisch, dass das Arbeitsstück bei der Bearbeitung still liegt. Gerade diese Anordnung ist es, welche die Maschinen besonders tauglich zur Bearbeitung aller unhandlichen, sperrigen und besonders schweren Arbeitsstücke macht. —

Eine grössere Shaping-Maschine (von 0,25 m Hub) stellen Fig. 96, 97 dar. Die Hobel-Vorrichtung ist auf dem festen Bett in der Längen-Richtung verschiebbar, während das Arbeitsstück auf 2 Tischen fest liegt. Erstere besteht aus dem Schlitten *a*, auf welchem der Schieber *b* winklig zur Bett-Richtung bewegbar ist, der am Kopfende den drehbaren Vertikal-Schlitten, Klappenhalter und Klappe hat. Der Betrieb von *b* geschieht durch die im Schlitten gelagerte Kurbelscheibe *c* mittels Lenkstange; der Kurbelzapfen ist radial, der Schieber-Zapfen längs des Schiebers in einem Schlitz verstellbar. Die Antriebs-Welle *d* hat 4 Stufenscheiben *e* und arbeitet auf ihr ein Getriebe, das in stetem Eingriff mit dem, mit der Kurbelscheibe *c* verbundenen Rade sich befindet. Das andere Ende der Antriebs-Welle bewegt mittels Räder-Uebersetzung eine exzentrische Scheibe, die mittels Hebel und Sperrkegel die mechanische Vorrückung des Schlittens, sowie des vertikalen Support-Schlittens bewirkt. Die beiden Aufspann-Tische sind horizontal und vertikal verstellbar; während des Hobelns wird aber lediglich der Stahl verschoben, sei es selbstthätig oder von Hand. Die Maschine ist mit Rundhobel-Apparat versehen, welcher zum Gebrauche besonders angeschraubt wird. Der Bock trägt dazu eine drehbare Spindel, die am Ende eines jeden Rücklaufs entsprechend weit gedreht wird. Der Schieber macht 5, 8, 13 und 20 Doppelhübe p. M., so dass beim grössten Hube von 0,25 m eine mittlere Geschwindigkeit von 40 mm p. Sek. erzielt wird. Der Rückgang des Schiebers findet, in Folge einer exzentrischen Lagerung der Kurbelscheibe, mit

grösserer Geschwindigkeit statt. Der mechanische Vorschub beträgt ¼ bis 1 mm; der Schlitten kann sich um 1,15 m verschieben. Die Maschine erfordert beim Leergang etwa 0,1 Pfdk., beim Arbeitsgang etwa 0,5 Pfdk., wobei sie stündlich ca. 5 kg Spähne liefert. Ihr Gewicht beträgt incl. Decken-Vorgelege 1700 kg. —

Fig. 96.

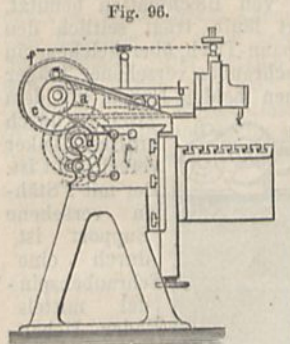


Fig. 97.

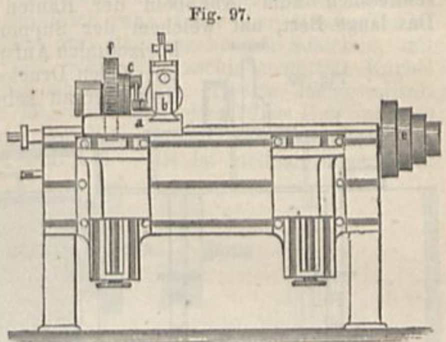
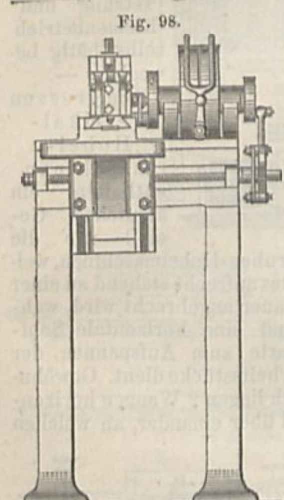


Fig. 98.

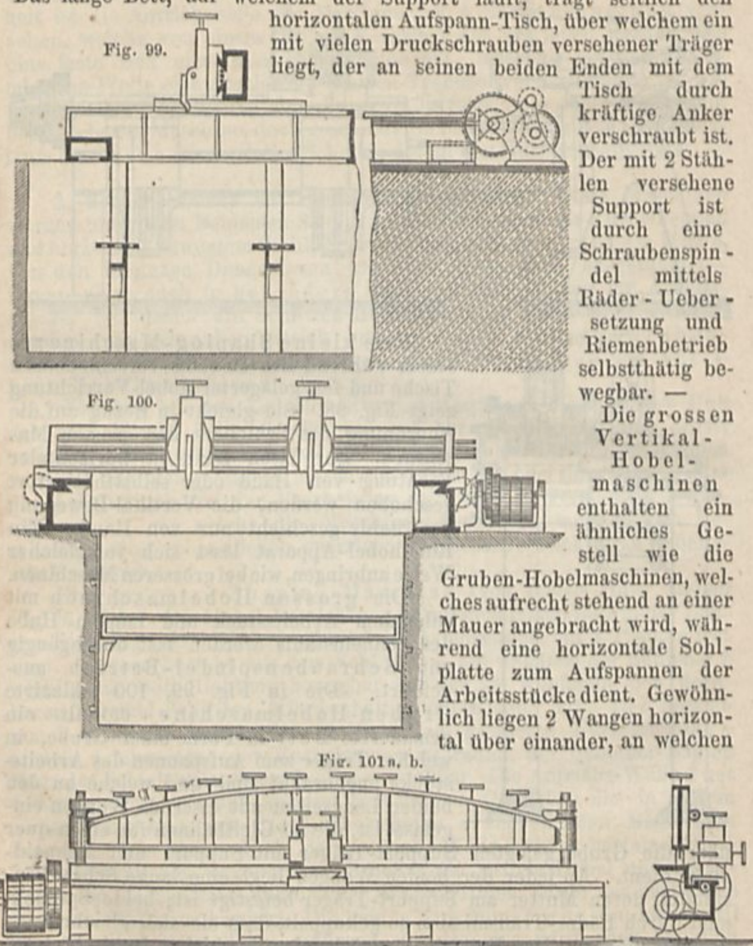


Eine kleine Shaping-Maschine mit einem während des Hobelns verschiebbaren Tische und fest gelagerter Hobel-Vorrichtung zeigt Fig. 98. Sie gleicht in Bezug auf die Anordnung des Schiebers den grossen Maschinen. Der Tisch kann in horizontaler Richtung von Hand oder selbstthätig fortgeschoben werden, die Vertikal-Bewegung des Stahls geschieht nur von Hand. Ein Rundhobel-Apparat lässt sich in gleicher Weise anbringen, wie bei grösseren Maschinen.

Die grossen Hobelmaschinen mit ruhendem Arbeitsstück und langem Hube des Schneidstahls werden fast durchgängig mit Schraubenspindel-Betrieb ausgeführt. Die in Fig. 99, 100 skizzirte Gruben-Hobelmaschine enthält ein gemauertes Bett in Form einer Grube, in welcher Träger zum Aufspannen des Arbeitsstücks angebracht sind und welche an den beiden Langseiten mit eisernen Wangen eingefasst ist, die als Gleitbahnen für einen quer über die Grube gelegten Support-Träger mit Support und Schneidstahl dient. An jeder der beiden Wangen liegt eine lange Schraubenspindel, deren Mutter am Support-Träger befestigt ist; beide Spindeln sind durch Räder-Transmission so gekuppelt, dass sie sich gleichmässig drehen müssen. Der Betrieb der Spindeln geschieht durch Riemen, in gleicher Weise wie bei den Schlitten-Hobelmaschinen, mit Zahnstange, ebenso die Umsteuerung und mechanische Vorrückung. Am Support-Träger sind gewöhnlich mehre Supports befestigt, event. auf beiden Seiten des Trägers, so dass ein Stahl beim Vorwärtsgange, ein anderer beim Rückwärtsgange schneidet. — Eine solche Maschine mit 2 Supports an derselben Seite, welche 14 m lang hobelt, bei 4,2 m lichter Weite zwischen den Wangen, 50 mm Stahl-Geschwindigkeit beim Vorwärtsgange und 100 mm beim Rückgange, erfordert beim

Leergang eine Betriebskraft von 1 Pfdk. Beim Arbeitsgange mit einem Stahl lieferte dieselbe pro Stunde 8 kg Spähne, wobei sie 2,07 Pfdk. Betriebskraft verbrauchte. Die Maschine wog 58,500 kg, wovon 8750 kg auf den Schlitten kamen. —

Die Blechkanten-Hobelmaschine (Fig. 101 a, b) wird ausschliesslich zum Abhobeln der Kanten von Blechplatten benutzt. Das lange Bett, auf welchem der Support läuft, trägt seitlich den horizontalen Aufspann-Tisch, über welchem ein mit vielen Druckschrauben versehener Träger liegt, der an seinen beiden Enden mit dem Tisch durch kräftige Anker verschraubt ist. Der mit 2 Stählen versehene Support ist durch eine Schraubenspindel mittels Räder-Uebersetzung und Riemenbetrieb selbstthätig bewegbar. —


Fig. 99.
Fig. 100.
Fig. 101 a. b.

Die grossen Vertikal-Hobelmaschinen enthalten ein ähnliches Gestell wie die Gruben-Hobelmaschinen, welches aufrecht stehend an einer Mauer angebracht wird, während eine horizontale Sohlplatte zum Aufspannen der Arbeitsstücke dient. Gewöhnlich liegen 2 Wangen horizontal über einander, an welchen sich ein vertikaler Support-Träger mit winklig zur Wand stehendem Support verschiebt. Mittels Räder-Uebersetzung und Riemen-Betrieb lässt man entweder den Support-Träger horizontal auf den Wangen, oder den Support vertikal auf dem Support-Träger laufen, während das Arbeitsstück auf der Sohlplatte fest gespannt wird. Diese Maschinen werden namentlich zum Bearbeiten von sehr grossen und sperrigen Arbeitsstücken benutzt, lassen sich jedoch durch eine grössere Schlitten-Hobelmaschine ersetzen, wenn man auf dem Schlitten einen vertikalen

Support-Träger mit Support winklig zum Schlitten anbringt, während das Arbeitsstück seitlich vom Schlitten auf einer festen Sohlplatte befestigt wird. —

3. Stossmaschinen. Diese Maschinen haben durchweg die gleiche Grundform. Ein vertikaler Bock mit vorgezogenem Fusse, auf welchem ein verstellbarer Aufspann-Tisch ruht, trägt über diesem Tische eine Führung für einen vertikal auf- und abgehenden Schieber, mit Schneidstahl. Der Betrieb des Schiebers geschieht mittels Kurbel und Lenkstange und nur bei ungewöhnlich grossem Hube mittels Schraube. Man fertigt diese Maschinen von etwa 70 mm Hub aufwärts bis zu 1 m Hub und mehr an. Die Hub-Grösse, sowie die Höhe des Schiebers über dem Support, Fig. 102 — 104 ist stellbar eingerichtet

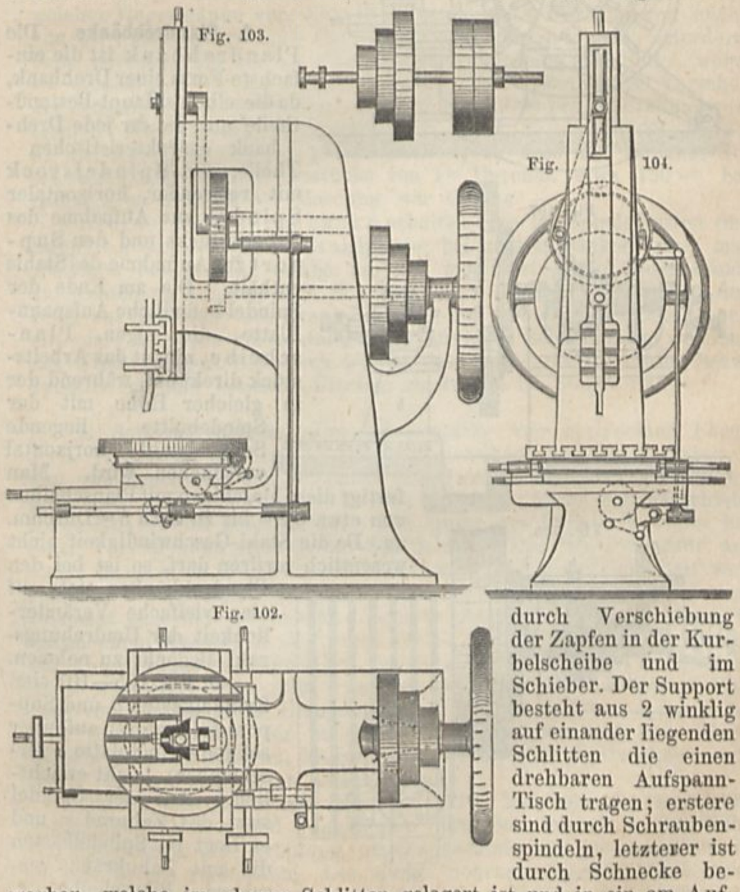


Fig. 103. Fig. 104. Fig. 102.

durch Verschiebung der Zapfen in der Kurbelscheibe und im Schieber. Der Support besteht aus 2 winklig auf einander liegenden Schlitten die einen drehbaren Aufspann-Tisch tragen; erstere sind durch Schraubenspindeln, letzterer ist durch Schnecke bewegbar, welche im oberen Schlitten gelagert ist und in ein am Aufspann-Tische angegossenes Schneckenrad eingreift. Alle 3 Bewegungen können selbstthätig, oder auch von Hand hervor gebracht werden. Zum selbstthätigen Betriebe dient eine in der Kurbelscheibe befindliche Rille, in welche der Zapfen eines Winkelhebels eingreift. Eine der-

artige Maschine von 0,24 m grösstem Hub und 0,5 m Ausladung bis Mitte Stahl, bei einem Gewicht von 2400 kg, erforderte beim Leergange 0,22 Pfdkr. Betriebskraft, beim Arbeitsgange 0,45 Pfdkr., bei einem gelieferten Quantum Spähne von 2,13 kg p. Stunde. Die Riemscheiben-Welle macht mittels der 4 Scheiben 13, 17, 23 und 32 Umdrehungen p. M. und beträgt darnach die Stahl-Geschwindigkeit beim grössten Hube und langsamsten Gange 60 mm p. Sek. — Eine Spezialität bilden die Muttern-Hobelmaschinen, welche mit besonderer Rücksicht auf das Abhobeln der Seitenfläche von Schraubenmuttern konstruirt sind und 2 Stähle haben; diese Maschinen sind aber selten.

Fig. 106.

Fig. 107.

Fig. 105.

4. Plandrehbänke. Die Plandrehbank ist die einfachste Form einer Drehbank, da dieselbe als Haupt-Bestandtheile nur die für jede Drehbank charakteristischen Theile, den Spindelstock mit rotirender, horizontaler Spindel zur Aufnahme des Arbeitsstücks und den Support zur Aufnahme des Stahls enthält. Die am Ende der Spindel befindliche Aufspann-Platte, die sogen. Planscheibe, nimmt das Arbeitsstück direkt auf, während der in gleicher Höhe mit der Spindelmitte liegende Schneidstahl horizontal verschoben wird. Man fertigt diese Maschinen mit Planscheiben von etwa 0,8 m bis zu etwa 5 m Durchm. an. Da die Stahl-Geschwindigkeit nicht wesentlich variiren darf, so ist bei den Plandrehbänken stets auf eine vielfache Veränderlichkeit der Umdrehungszahl Bedacht zu nehmen.

In Fig. 105—107 sind Spindelkasten *a* und Support *b* (letzterer auf einer soliden Grundplatte *c* verschiebbar), leicht ersichtlich. Auf der Spindel sitzt das Zahnrad *e* und es liegt im Spindelkasten die mit Zahnkranz versehene Planscheibe *f*, ausserdem eine Vorgelegs-Welle mit den Rädern *g*, *h* und *i*. Auf der Spindel läuft lose der Riemscheiben-Konus *l* mit daran befestigtem Getriebe *k*. Durch Verschiebung der Räder auf der Vorgelegs-Welle, sowie durch Kuppelung des Rades *e* mit dem Riemscheiben-Konus

sind 3 verschiedene Uebersetzungen erreichbar, indem die Bewegung der Riemscheiben auf die Planscheibe entweder direkt, oder durch die Räder k, g und h, e, oder aber durch die Räder k, g und das in den Zahnkranz eingreifende Getriebe i übertragen wird. Vermittels weiterer Uebersetzungen an der Vorgelegs-Welle etc. können, bei gleichmässigem Gange der Transmissions-Welle, 12 verschiedene Umdrehungs-Zahlen der Planscheibe erreicht werden. Der Support besteht aus einem Bock mit sogen. Kreuz-Support, welcher aus einer horizontalen drehbaren Support-Platte, auf der 2 Schlitten winklig über einander liegen, gebildet ist; der obere derselben trägt den Schneidstahl. Die Bewegung der beiden Support-Schlitten geschieht entweder von Hand oder mittels Vorgelegs-Welle durch Riemen von der Spindel aus. — Eine Plandrehbank von 1,4^m Durchm. der Planscheibe, auf welcher Gegenstände von 0,3^m Höhe bis zu 1,7^m Durchm. und solche von 0,7^m Höhe bis zu 1,2^m Durchm. gedreht werden können, erforderte beim Leergang 0,4 bis 0,8 Pfdkr., beim Arbeitsgang 0,92 Pfdkr., wobei sie stündlich 8,7^kg Drehspäne lieferte. Der selbstthätige Vorschub der Support-Schlitten liess sich von 0,6 bis 1,2^mm pro Umdrehung verstellen. Die Planscheibe konnte 3, 5, 7, 11, 25, 39, 58, 89, 40, 61, 91 und 140 Umdrehungen p. M. machen, so dass die Umfangs-Geschwindigkeit eines Arbeitsstücks von 1^m Durchm. etwa 150^mm beträgt. Das Gewicht der Maschine war 4500^kg. —

Kleinere Plandrehbänke erhalten eine für Spindelkasten und Support gemeinschaftliche Grundplatte; bei grossen Bänken bringt man zwischen beiden eine Grube an, um möglichst grosse Gegenstände aufspannen zu können, z. B. Schwungräder. Ferner versieht man den Bock zur Aufnahme des Kreuz-Supports bei grösseren Bänken noch mit einer längeren horizontalen Bahn für einen Schlitten, auf welchem der Kreuz-Support befindlich ist, so dass man grössere ebene, bezw. zylindrische und konische Flächen zu drehen im Stande ist. —

5. Spitzendrehbänke. Um Arbeitsstücke von gestreckter Form, z. B. Wellen zu drehen, spannt man dieselben zwischen 2 Spitzen ein, von denen die eine am Ende der Drehbank-Spindel, die andere gegenüber dem Spindelkasten in dem auf einem festen Bett verschiebbaren Reitstock befestigt ist. Die Spitze des Reitstocks bleibt bei einer Verschiebung stets in der Spindelaxe. Der Support ruht auf einem besonderen Support-Schlitten, der sich auf dem Bett verschiebt. Ist der Spindelkasten auf dem verlängerten Bett befestigt so nennt man diese Drehbänke „Support-Drehbänke", ist aber das Bett durch einen Ausschnitt oder einer Grube vom Spindelkasten getrennt, um Gegenstände von grossem Durchmesser drehen zu können, so nennt man sie „Plan- und Spitzendrehbänke". Erstere fertigt man von den kleinsten Dimensionen d. i. etwa 100^mm Spitzenhöhe über Oberkante Bett, bis zu etwa 1^m Spitzenhöhe und 10^m Weite zwischen den Spitzen an, letztere von etwa 0,3^m Spitzenhöhe aufwärts bis zu den grössten Dimensionen.

Die Support-Drehbank, Fig. 108—110, hat, wie die Plandrehbank, Spindelkasten und Planscheibe. Das Bett enthält in der Nähe der Planscheibe eine Kröpfung, um Gegenstände von grösserem Durchmesser drehen zu können. Der durch Schraube verschiebbare Reitstock b trägt als Schraubenspindel den sogen. Reitnagel. Der Support besteht aus dem Support-Schlitten c mit darauf befindlichem Querschlitten, beide zum selbstthätigen als auch Handbetrieb eingerichtet. Der Querschlitten trägt ferner eine drehbare Support-Platte mit einem Schlitten für Handbetrieb, auf welchem der Stahl

befestigt wird. Die Drehbank ist zum Gewindeschneiden eingerichtet und liegt zu diesem Zwecke die sogen. Leitspindel *d* längs des Bettes, welche mittels Wechselräder getrieben wird und deren zugehörige Mutter mit dem Support-Schlitten *c* verbunden ist. Zugleich dient diese Leitspindel zum Transportiren des Schlittens beim Längsdrehen, sowie zur Bewegung des Querschlittens beim Plandrehen. In ersterem Falle wird die Mutter an dem Schlitten befestigt, in letzterem löst man diese Verbindung und klemmt die Mutter auf der Leitspindel fest, so dass sie sich mit derselben dreht und mittels Räder-Uebersetung auf die Schraubenspindel des Quer-Supports wirkt. Um die verschiedenen Steigungen für die gebräuchlichen Gewinde zu erzielen, sind entsprechende Wechselräder einzuschalten, deren Zapfen an der drehbaren Leier *e* in 2 Spitzen beliebig fest gestellt werden können, je nach den Durchmessern der Räder. Um den Stahl beim Lang- und Plandrehen nach beiden Richtungen hin laufen lassen zu können, sind in der Leitspindel bei *f* 3 konische Räder mit Klauen-Kuppelung eingeschaltet, und ändert sich die Drehungs-Richtung der Leitspindel, je nachdem man dieselbe direkt oder mittels der konischen Räder treibt. Da die zu drehenden Arbeitsstücke im Durchmesser nicht sehr bedeutend variiren, so genügen 8 verschiedene Umdrehungs-Zahlen der Spindel. Eine derartige Support-Drehbank von 0,22 m Spitzenhöhe über dem Bett, 1,56 m Länge zwischen den Spitzen und 1750 kg Gewicht erforderte beim Leergang 0,1 bis 0,3 Pfdk., beim Arbeitsgang dagegen 0,9 Pfdk., wobei sie stündlich 11,4 kg Spähne lieferte. Die Spindel war für die Umdrehungs-Zahlen 6, 10, 15, 22, 55, 82, 122 und 183 eingerichtet, so dass einem Durchm. von 0,3 m beim langsamsten Gange eine Geschwindigkeit von 94 mm entsprach.

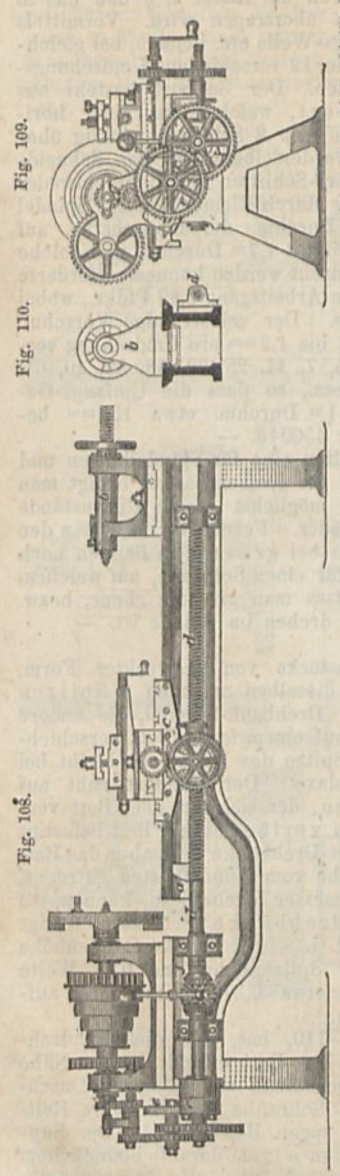


Fig. 109.
Fig. 110.
Fig. 108.

Diese Drehbänke werden, ausser zum Abdrehen, auch zum Ausbohren mittels einer zwischen den Spitzen liegenden rotirenden Bohrstange mit Wasser benutzt. Ebenso wird zuweilen eine kleine rotirende Welle mit Fräser zwischen den Spitzen angebracht um ein auf dem Support befestigtes Arbeitsstück zu bearbeiten. —

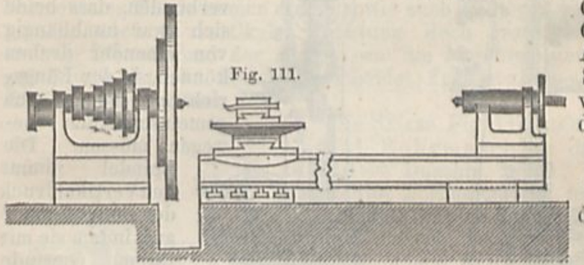
Grössere Support-Drehbänke mit Leitspindel zum Schraubenschneiden von etwa 0,3 m Spitzenhöhe aufwärts, erhalten gewöhnlich ausser der Leitspindel noch eine besondere Welle längs des Bettes zum Betriebe des unteren Support-Schlittens und des Quer-Schlittens, während die Leitspindel ausschliesslich beim Schraubenschneiden benutzt wird. Es liegt alsdann auf dem Bett der ganzen Länge nach eine Zahnstange, in welche ein im Support gelagertes Getriebe eingreift. —

Support-Drehbänke ohne Leitspindel zum Schraubenschneiden werden entweder mit Hand-Kreuzsupport oder bei grösseren Dimensionen, mit Zahnstange und selbstthätigem Betriebe für Lang- und Plandrehen ausgeführt. —

Unter dem Namen Bohr-Drehbänke werden Support-Drehbänke ohne Leitspindel, mit bedeutender Kröpfung des Betts und mit selbstthätig vorschiebenden Reitnagel, ausgeführt. Diese Drehbänke dienen besonders zum Bohren von Löchern und sind gewöhnlich mit Hand-Kreuzsupport versehen. —

Doppel-Support-Drehbänke nennt man eine kleine Sorte Drehbänke, welche auf einem Bett in der Mitte einen nach beiden Seiten mit einer Spitze versehenen Spindelkasten und nach jeder Seite hin einen Support und Reitstock enthalten, so dass gleichzeitig an 2 Gegenständen gearbeitet werden kann. —

6. Plan- und Spitzen-Drehbänke. Die Plan- und Spitzen-Drehbank, Fig. 111, ist eine Kombination der Plandrehbank und der Support-Drehbank. Vor der Planscheibe befindet sich eine Grube und eine Grundplatte zur Aufnahme eines Support-Bocks, während ausserdem ein Bett mit Support-Schlitten und Reitstock auf dieser Grundplatte und mehreren Füssen verschiebbar ruht. Der Support selbst kann sowohl auf den Support-Bock, als auch auf den Support-Schlitten aufgesetzt werden; das Bett kann beim Drehen oder Bohren von Gegenständen von grossem Durchmesser zurück gezogen werden. Der Betrieb des Support-Schlittens und Quer-Supports ist selbstthätig. Eine solche Drehbank von 0,625 m Spitzenhöhe über dem Bett, 3,4 m Länge zwischen den Spitzen, einer Planscheibe von 2 m Durchm. und einer Grube zum Drehen von 2,7 m Durchm., hatte das Gewicht von 13300 kg, erforderte zum Leergang 0,15 bis 0,40 Pfdk. und zum Betriebe 0,54 Pfdk., wobei sie stündlich 5,6 kg Spähne lieferte. Ihre Spindel konnte 1,3 bis 11,6 Umdrehungen p. M. machen, so dass einem Durchm. von 2 m eine Geschwindigkeit von 1,2 m beim langsamsten Gange entspricht. —

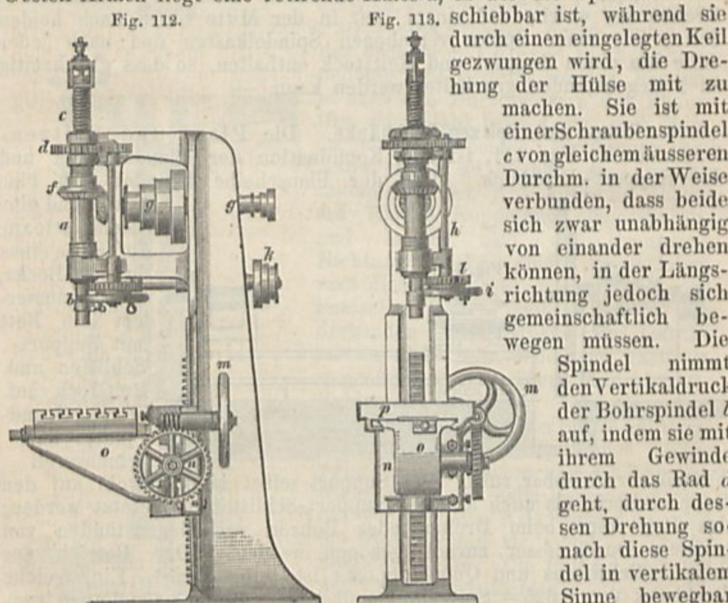

Fig. 111.

7. **Räder-Drehbänke.** Sie dienen zum Abdrehen der Kränze von auf den Achsen befestigten Wagenrädern, sowie zum Nachdrehen der Lagerzapfen dieser Räder, und bestehen gewissermassen aus 2 einander gegenüber liegenden Plan-Drehbänken, deren beide Planscheiben mit

gleicher Richtung und Geschwindigkeit getrieben werden. Die beiden Support-Böcke mit Kreuz-Support haben eine gemeinsame Grundplatte.

8. **Vertikal-Bohrmaschinen.** Fest stehende Bohrmaschine mit vertikaler Bohrspindel, die durch mechanischen Betrieb eine rotirende Bewegung erhält und während derselben, mittels Handrades oder auch selbstthätig, in vertikaler Richtung bewegbar ist. Man gebraucht diese Maschinen gewöhnlich zum Einbohren von Löchern in massive Gegenstände, bezw. zum Ausbohren von hohlen Gegenständen in allen den Fällen, wo das genaue Aufspannen und Zentriren des Arbeitsstücks keine wesentlichen Schwierigkeiten hat. Das Gestell der Maschine ist entweder frei stehend oder an einem Pfeiler, einer Wand etc. fest angebracht. Der Aufspann-Tisch ist zur Erleichterung des Zentrirens der Arbeitsstücke vielfach mit horizontalem Kreuz-Support versehen und gewöhnlich in vertikaler Richtung verstellbar.

Die Maschine Fig. 112, 113 ist zum Bohren von Löchern von 50mm Durchm. und 190mm Tiefe eingerichtet. Zwischen den beiden Gestell-Armen liegt eine rotirende Hülse *a*, in der die Spindel *b* verschiebbar ist, während sie durch einen eingelegten Keil gezwungen wird, die Drehung der Hülse mit zu machen. Sie ist mit einer Schraubenspindel *c* von gleichem äusseren Durchm. in der Weise verbunden, dass beide sich zwar unabhängig von einander drehen können, in der Längsrichtung jedoch sich gemeinschaftlich bewegen müssen. Die Spindel nimmt den Vertikaldruck der Bohrspindel *b* auf, indem sie mit ihrem Gewinde durch das Rad *d* geht, durch dessen Drehung sonach diese Spindel in vertikalem Sinne bewegbar ist. Der Betrieb



der Bohrspindel geschieht mittels der konischen Räder *f*. Die Vertikal-Bewegung der Bohrspindel geschieht durch Drehung der Welle *h* oder selbstthätig, durch Uebertragung von der Welle *g* aus, mittels des Riemen-Konus *k* und des Schneckenrades *l*. Der Aufspann-Tisch besteht in einem, mittels des Handrades *m* vertikal verstellbaren Schlitten *n*, an welchem der eigentliche Tisch *o* um eine vertikale Achse drehbar so befestigt ist, dass er gänzlich zur Seite gedreht werden kann. Der Tisch trägt einen horizontal verschiebbaren Support *p*. Beim Bohren lässt man die Spindel selbstthätig abwärts gehen. — Die Bohrspindel dieser Maschine kann je nach Bedarf 30, 60, 120 und 180 Umdrehungen p. M. machen, so dass für den langsamsten

Gang und 50 mm Loch-Durchm. die Umfangs-Geschwindigkeit des Bohrers 78 mm beträgt. Diese Maschinen können jedoch in massivem Eisen gewöhnlich nur bis etwa 30 mm Durchm. bohren und pflegt man grössere Löcher mittels Bohrstange und Bohrmesser nachzubohren, zu welchem Zwecke in dem Tische unmittelbar unter der Spindel eine Büchse zur Führung einer Bohrstange angebracht wird. — Der selbstthätige Vorschub der Spindel variirt von 0,05 bis 0,2 mm pro Umdrehung. — Eine grössere derartige Bohrmaschine für Löcher bis 150 mm Durchm., deren Spindel bei 600 mm freier Ausladung und 240 mm Hub die Umdrehungszahlen 4, 7, 11, 18, 36, 63, 99, 162 p. M. machen konnte, erforderte beim Leergang im Max. 0,25 Pfdkr., beim Arbeitsgang und einer stündlichen Leistung von 4,8 kg Gusseisen-Spähnen 0,9 Pfdkr. Der Vorschub der Spindel betrug 0,14 mm p. Umdrehung, das Gewicht der Maschine ca. 2000 kg. —

Abweichungen von der bestehenden Konstruktion sind in Bezug auf Einzelheiten zahlreich, doch in der Haupt-Anordnung gering. —

9. Radial-Bohrmaschinen. Dies sind verstellbare Maschinen, die sich über dem ruhenden Arbeitsstücke in horizontaler Richtung beliebig verstellen lassen; sie eignen sich daher vorzüglich zum Bohren von sperrigen und schweren Arbeitsstücken. Als Unterlage dient ein auf besonderer Grundplatte ruhender Tisch, der die beim Ausbohren grosser Löcher erforderliche Bohrstangen-Führung aufnimmt. Die eigentliche Bohrmaschine ist stets an einem horizontalen, um eine Achse schwingenden Arme verschiebbar angebracht. Die Achse ist entweder eine feste Säule, oder auch ist sie an einem vertikal verschiebbaren Schlitten befestigt; darnach können diese Maschinen in horizontaler Ebene immer radial, sowie auch im Bogen verstellt werden, manche auch in vertikaler Richtung, doch geschieht letztere Verstellung nie während der Arbeit, wo die Maschine unverrückbar fest geschraubt ist. — Man unterscheidet freistehende und Wand-Radial-Bohrmaschinen.

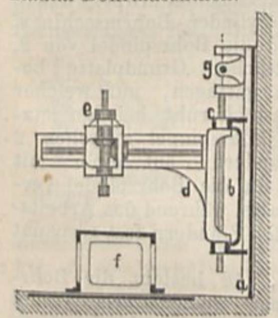


Fig. 114. Wand-Radial-Bohrmaschine. *a* Wandplatte; *b* Vertikal-Schlitten mit den Auflagern *c*, in welchen der Arm *d* hängt; *e* Bohr-Apparat; *f* Bohrtisch.

Die Skizze Fig. 114 stellt eine Wand-Radial-Rohrmaschine dar, welche bis zu 140 mm Durchm. bohrt, von 0,6 m bis 2 m Radius horizontal und um 0,9 m vertikal verstellt werden kann. Die Bohrspindel ist um 350 mm vertikal zu verschieben, kann also gleich tief bohren und macht in 8 Abstufungen 3½ bis 140 Umdrehungen p. M. Die Vertikal- und Drehbewegung des Arms, sowie die Radial-Bewegung des Bohr-Apparats geschieht durch Handkurbeln, der Betrieb der Bohrspindel wird durch Wellen mit konischen Rädern von einer Vorgelegs-Welle aus zuerst auf eine Welle in der Richtung der Drechachse, dann auf eine Welle im horizontalen Arme und von dieser durch Räder auf die Bohrspindel übertragen. Die Betriebskraft einer solchen Maschine betrug beim Leergang, je nach der Umdrehungs-Zahl der Spindel, 0,1 bis 0,6 Pfdk. beim Arbeitsgang und einer stündlichen Leistung von 4 kg Gusseisenspähnen etwa 1 Pfdk. Die Maschine wog ca.: 3000 kg. —

10. Horizontal-Bohrmaschinen. Sie haben eine horizontale Bohrspindel und werden sowohl fest stehend, als verschiebbar aus-

geführt. Erstere Anordnung ist für kleinere, letztere für grosse derartige Maschinen gebräuchlich. Die fest stehenden Maschinen haben dieselbe Spindel-Konstruktion, wie die Vertikal-Bohrmaschinen; dagegen nimmt namentlich der Bohrtisch eine abweichende Gestalt an. Der Bohr-Apparat gleicht dem Spindelkasten einer Plan-Drehbank; an die Stelle der festen Spindel tritt die Bohrspindel, seitlich am Fusse des Spindelkastens ist der vertikal verstellbare Bohrtisch angebracht, der i. d. R. einen Kreuz-Support hat. Vielfach macht man die Bewegung des Supports selbstthätig und ist alsdann die Maschine besonders zum Fräsen geeignet. Die verschiebbaren Horizontal-Bohrmaschinen enthalten gewöhnlich einen auf horizontalem Bett laufenden Bock mit Vertikal-Führung für den Bohr-Apparat, welcher Schlittenform hat.

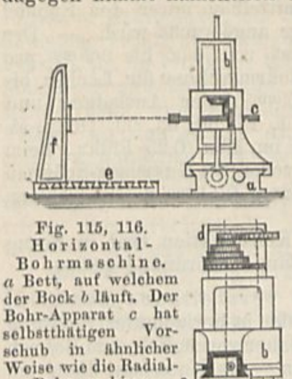


Fig. 115, 116. Horizontal-Bohrmaschine. *a* Bett, auf welchem der Bock *b* läuft. Der Bohr-Apparat *c* hat selbstthätigen Vorschub in ähnlicher Weise wie die Radial-Bohrmaschine; *e* Grundplatte zur Aufnahme des Arbeitsstücks; *f* Bock zur Aufnahme einer Führung f. d. Bohrstange.

Fig. 115, 116 geben die Skizze einer derartigen Maschine, der die Erklärung beigefügt ist. — Gewöhnlich wird die Horizontal- und Vertikal-Bewegung zum selbstthätigen Betriebe eingerichtet, wodurch die Maschine zum Fräsen mittels eines auf die Bohrspindel gesteckten Fräsers geeignet wird. —

11. Zylinder-Bohrmaschinen. Sie dienen zum Ausbohren von Hohl-Zylindern; ihr wesenstlicher Bestandtheil ist eine kräftige Bohrspindel, auf der ein sogen. Bohrkopf, d. i. eine mitBohrmessern verseheneScheibe, sich verschiebt. Man unterscheidet horizontale und vertikale Zylinder-Bohrmaschinen. Bei ersteren wird die Bohrspindel von 2, auf gemeinschaftlicher Grundplatte befestigten Lagern getragen, auf welcher auch das Arbeitsstück ruht, bei den letzteren steht die Bohrspinpel zwischen 2 oder mehr Ständern, auf einer mit einem Spurlager für die Bohrspindel versehenen Grundplatte, während das Arbeitsstück zwischen den Ständern fest gespannt wird.

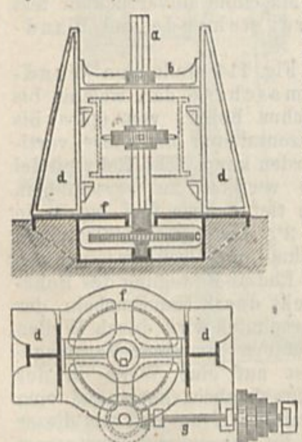


Fig. 117, 118. Vertikale Zylinder-Bohrmaschine. *a* Spindel; *b* Querträger, der zwischen *d* u. *d* verstellbar ist; c Triebrad; *d* Ständer; *f* Fundamentplatte, die die Hülse *e* enthält, in welche *a* wie in eine Kuppelung eingreift, so dass *a* sich mit drehen muss, indessen auch leicht aus *e* heraus gezogen werden kann; *g* Vorgelege.

In Fig. 117, 118 besteht die Bohrspindel aus einer gusseisernen Welle, welche der ganzen Länge nach eine tiefe Nuth hat. In letztere fasst der Bohrkopf mit einer Feder, so dass er auf der Spindel zu verschieben ist, ohne sich drehen zu können; eine in der Nuth der ganzen Spindel-Länge nach sich erstreckende Schraubenspindel dient zur Verschiebung des Bohrkopfes. Man fertigt die vertikalen Maschinen auch in der Weise an, dass das Triebrad am oberen Ende der Bohrspindel an dieser befestigt ist, während das untere Ende einen Spurzapfen hat. —

Kleinere Zylinder-Bohrmaschinen werden gewöhnlich horizontal ausgeführt und erhalten alsdann eine ähnliche Form wie Drehbänke. Die Bohrspindel-Einrichtung gleicht derjenigen bei den vertikalen Maschinen. — Eine Zylinder-Bohrmaschine für Zylinder bis zu $11{,}3^{m}$ Länge und etwa 75^{cm} Durchm. mit einer Bohrspindel von 20^{cm} Durchm., welche 2, 3 und 4 Umdrehungen p. M. machen konnte, erforderte bei einer Leistung von ca. $2{,}5^{kg}$ Gusseisen-Spähnen p. Std. etwa 0,2 Pfdk. zu ihrem Betriebe, wobei die Bohrmesser 68^{mm} Geschwindigkeit hatten. Der Vorschub des Bohrkopfs betrug pro Umdrehung $0{,}8^{mm}$; das Gewicht der Maschine ca 2000^{kg}. —

12. Fräsmaschinen. Unter denjenigen Maschinen, die ausschliesslich zum Fräsen gebraucht werden, sind die Langloch-Bohrmaschinen und die Räder-Fräsmaschinen in ausgedehnter Anwendung. Das Werkzeug ist stets ein scheiben- oder walzenförmiger Fräser oder ein Fräskopf mit Messer, der auf einer rotirenden Spindel befestigt wird. Zu der rotirenden Bewegung des Fräsers tritt eine fort schreitende des Spindelkastens oder des das Arbeitsstück tragenden Supports hinzu, die gewöhnlich geradlinig ist. Mittels dieser kombinirten Bewegungen können Flächen wie auch Nuthen von beliebigem, durch die Form des Fräsers bedingtem Profile bearbeitet werden.

Die Langloch-Bohrmaschinen haben eine vertikale, rotirende Bohrspindel und eine horizontale, hin- und hergehende Bewegung der Spindel bei grossen Maschinen, oder des Supports bei kleinen Maschinen. Der Fräser hat die Form eines Bohrers mit horizontaler Schneidfläche und dient dazu Keilnuthen zu fräsen, indem während der kombinirten rotirenden und hin- urd her gehenden Bewegung der Fräser langsam tiefer gestellt wird.

Bei der Maschine Fig. 119, 120 geschieht der Betrieb der Bohrspindel von einer vertikal über dem Spindelkasten angebrachten Vorgelegs-Welle aus, welche feste und lose Scheibe, und ferner eine Riemen-Konus hat. Die Maschine bohrt einfach runde Löcher sobald als die Bewegung der Kurbelscheibe durch Abnehmen des Riemens von den Scheiben f ausgeschaltet wird. Eine Langloch-Bohrmaschine für Nuthen bis zu 60^{mm} Breite und 190^{mm} Tiefe, deren Bohrspindel 40 bis 240 Umdrehungen p. M. macht, erforderte zum Betriebe bis zu 0,5 Pfdk., wobei etwa $1{,}4^{kg}$ Eisenspähne p. Stunde geliefert wurden. Das Gewicht der Maschine betrug 1900^{kg}. —

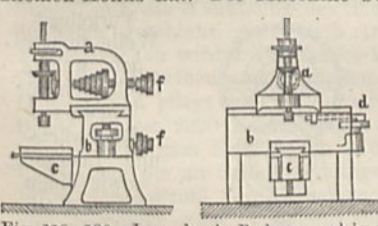


Fig. 119, 120. Langloch-Bohrmaschine für grosse Arbeitsstücke.
a Spindelkasten mit gleicher Lagerung der Bohrspindel wie bei den Vertikal-Bohrmaschinen; *b* Bett auf welchem *a* verschiebbar ist; *c* Tisch mit Quer-Support, welcher seitlich von *b* angebracht und vertikal verstellbar ist; *d* Kurbelscheibe mit Lenkstange zur Horizontal-Bewegung von *a*; *f f* Riemen-Konus für die Bewegung von *d* (mittels Räder-Uebersetzung).

Die Räder-Fräsmaschinen haben stets eine in einen beweglichen Spindelkasten gelagerte Spindel zur Aufnahme eines rotirenden Fräsers; der Spindelkasten lässt sich in einer Führung winklig zur Spindelachse hin und her bewegen. Diese Maschinen dienen zum Ausfräsen der Zahnlücken von metallenen Rädern, die auf einer sogen. Theilscheibe zentrisch befestigt sind, welche an ihrem Umfange verzahnt ist und mittels Schnecke und diverser Wechselräder durch Handkurbel um

das Maass einer Zahntheilung weiter gedreht werden kann. Die Achse der Theilscheibe wird bei kleinen Maschinen gewöhnlich horizontal, bei grossen vertikal angeordnet. Die Umfangs-Geschwindigkeit des Fräsers beträgt 100 bis 200 mm p. Sek. — Eine solche Maschine für Räder bis zu 520 mm Durchm. lieferte beim Fräsen von 11 mm tiefen Zahnlücken ein Spahn-Gewicht von 0,6 kg Gusseisen p. Std. und erforderte hierbei ca. 0,3 Pfdk. zum Betriebe. Das Gewicht der Maschine betrug ca. 1000 kg. —

13. Gewindeschneid-Maschinen. Dieselben dienen zum Schneiden von roh geschmiedeten Muttern und Bolzen und werden selten für mehr als 2″ engl. Gewindehöhe ausgeführt. Das Schneiden der Muttern geschieht in einem fortlaufenden Schnitt mittels Gewinde-Bohrer, das Schneiden der Bolzen mittels Schneidbacken, welche entweder während des Schneidens allmählig zugespannt werden, oder auch in ihrer sogen. engsten Stellung stehen, so dass der Bolzen auf einen einzigen Schnitt fertig wird.

Unter diesen Maschinen sind vornehmlich 2 Systeme vertreten, die gewöhnliche Schraubenschneid-Maschine mit 2 ruhenden Schneidbacken und die Sellers'sche Schraubenschneid-Maschine. Erstere Maschinen gestatten ein allmähliges Zuspannen der Schneidbacken, geben deshalb ein sehr exaktes Gewinde, dagegen arbeiten die Sellers'schen Maschinen nur auf einen Schnitt, da die Backen während des Schneidens in derselben Stellung bleiben. Diese ausserordentlich leistungsfähigen Maschinen eignen sich besonders für Massen-Fabrikation von Schrauben. Beide Arten Maschinen dienen auch zum Schneiden von Muttern. In der allgemeinen Anordnung ähneln die Gewindeschneid-Maschinen kleinen Drehbänken. Auf einem kurzen Bett sitzt an einem Ende ein Spindelkasten mit horizontaler Spindel, welche hohl ist und es läuft auf dem Bett ein leicht verschiebbarer Support.

Die Maschine, Fig. 121, 122, 123, ist eine solche mit 2 ruhenden Backen. Der Antrieb wird von einer Transmissions-Welle auf eine Vorgelegs-Welle übertragen, welche Scheiben für Vorwärts-, Rückwärts- und Leergang, sowie einen Riemen-Konus enthält. Die Umfangs-Geschwindigkeit der Spindel beim Schneiden beträgt 20 bis 25 mm im Gewinde gemessen; man schneidet pro Stunde etwa 40 Muttern à 3/8″ oder 20 Muttern à 1′ engl. Durchm. Das Schneiden der Bolzen ist mehr oder weniger zeitraubend je nach der Länge des Gewindes und

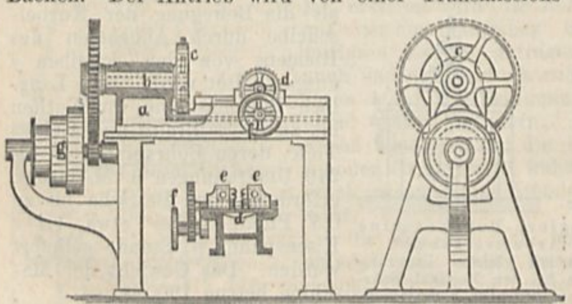


Fig. 121, 122, 123. Sellers'sche Schraubenschneid-Maschine.

a Spindelkasten mit dem Bett in einem Stück gegossen; *b* Spindel durch Räder-Uebersetzung mittels des Riemen-Konus *g* getrieben und hohl, um lange Bolzen durchstecken zu können; *c* Planscheibe mit 2 Knaggen zum Einspannen der Arbeitsstücke; *d* Support mit 2 kleinen Querschlitten *l*, die durch Drehen des Handrädchens in ihrer gegenseitigen Lage stellbar sind. An *e* werden die Schneidbacken befestigt, bezw. ein Paar Klauen zum Einklemmen des Gewinde-Bohrers.

Art des Schneidens. Mit abgefasten Backen schneidet man p. Stunde etwa 50 Bolzen à $\frac{3}{8}$" engl. oder 25 Bolzen à 1" engl. Durchm., bei gewöhnlicher Gewindelänge. — Eine Maschine für Gewinde bis zu $1\frac{1}{4}$" engl. Durchm. erforderte beim Leergang bis zu 0,2, beim Arbeitsgang bis zu 1 Pfdk., je nach der Gewindestärke und Schneid-Geschwindigkeit; ihr Gewicht betrug ca. 600 kg. —

B. Schleif-Apparate.

Rotirende Scheiben, welche entweder aus natürlichem Stein oder aus Schmirgel bestehen. Die Wirkung des Schleifsteins ist abhängig von dem Korn, der Härte und der Umfangs-Geschwindigkeit des Steins. Da mit steigender Umfangs-Geschwindigkeit auch stärkere Erhitzung des Arbeitsstücks eintritt, so hat sich jene nach der gewünschten Beschaffenheit der Schliff-Fläche zu richten.

Zum Schleifen von Stahl-Werkzeugen bedient man sich nicht zu harter natürl. Steine von 0,5 m bis 1 m Durchm., bei 0,1 bis 0,15 m Breite, welche man mit 3 bis 6 m Umfangs-Geschw. laufen lässt. Der Reibungs-Koeff. dieser Steine für Schmiedeisen ist 0,8 bis 1,0 und erfordert ein solcher Stein etwa 0,3 bis 0,8 Pfdkr. zum Betriebe.

Schleifsteine zum Abschleifen von Eisen- und Stahl-Waren erhalten bis zu 2,5 m Durchm. bei 0,15 bis 0,3 m Breite; sie müssen hart sein und mit 6 bis 10 m Umfangs-Geschw. laufen. Der Reibungs-Koeff. dieser Steine ist nur 0,3 bis 0,5 und ist daher ein starkes Anpressen der Gegenstände erforderlich, das in vielen Fällen mittels eines Hebels bewirkt wird. Ein solcher Stein erfordert beispielsw. beim Abschleifen eines Schmiedestücks, welches mit 60 kg Druck angepresst wird, etwa 3 Pfdkr. zu seinem Betriebe. —

Die künstlichen Schleifscheiben aus Schmirgel (Schmirgelscheiben) eignen sich für jede Art Schleiferei und werden in den verschiedensten Härtegraden hergestellt. Man lässt sie mit grosser Umfangs-Geschwindigkeit — 30 m und mehr — rotiren und es wird das Arbeitsstück dabei nur leicht angedrückt. Die Wirkung der Scheibe ist quantitativ und qualitativ bedeutend grösser, als die des natürlichen Steins, und die Abnutzung der Scheibe verhältnissmässig gering. Das Schleifen geschieht gewöhnlich trocken; nur bei besonders feinen Arbeitsstücken wird das zu starke Erhitzen durch Anfeuchten verhütet. Derartige Scheiben zum Schleifen von Werkzeugen wie Dreh- und Hobelstählen pflegt man bei 0,25 bis 0,3 m Durchm. und 20 bis 50 mm Breite mit ca. 2000 Umdrehungen p. M. rotiren zu lassen. Dieselben werden auch zum Einschleifen oder Schärfen der Sägezähne benutzt, indem man die an Schnüren hängende Säge an die rotirende Scheibe führt, deren Profil der Zähneform angepasst ist. Ferner bedient man sich derselben zum Schleifen von Bohrwerkzeugen aller Art, zum Nachschleifen gehärteter Stahlwaaren, zum Abschleifen sogen. Gussnäthe etc. Eine für besondere Zwecke dienende Schmirgelscheibe von etwa 0,3 m Durchm. erfordert zum Betriebe etwa 0,5 Pfdkr. —

C. Allgemeines über Einrichtung und Betrieb der sogen. mechanischen Werkstätten.

Die Ausstattung dieser Werkstätten beschränkt sich im allgem. auf die für Handarbeit erforderlichen Feilbänke mit Schraubstöcken, ferner die verschiedenen Werkzeug-Maschinen nebst Transmissions-Leitungen und schliesslich die für den Transport und die Montage erforderlichen Krahn-Einrichtungen. Ausser Art und Beschaffenheit der zu verarbeitenden Gegenstände sind für die bauliche Einrichtung besonders maassgebend: Helligkeit der Werkstatt,

Zugänglichkeit und zweckmässiger Antrieb der Maschinen, Bequemlichkeit des Transports und der Handhabung schwerer Arbeitsstücke.

Die Bearbeitung und Montage schwerer Maschinentheile geschieht i. d. R. zu ebener Erde. Kleinere Werkzeug-Maschinen und Schraubstöcke werden meist in höheren Stockwerken und auf Gallerien untergebracht; wo aber Raum zur Genüge vorhanden ist, macht man am besten die Werkstatt nur einstöckig.

Vielfach trennt man den Raum für die Werkzeug-Maschinen von dem eigentlichen Montirraum, da man für den letzteren meistens besonders schwere Krahne braucht. — Wesentliche Unterschiede in der Werkstätten-Anlage finden i. d. R. nur bei den Krähnen statt, welche neuerdings vielfach mit selbstthätigem Betriebe eingerichtet werden. In Fällen, wo die Konstruktion der Baulichkeiten die Anwendung von Brücken-Laufkrähnen und Drehkrähnen ausschliesst, muss ein fahrbarer Laufkrahn oder fahrbarer Drehkrahn gewählt werden. Beide Krahnarten erfordern sehr viel Grundfläche für die Laufbahn und werden daher gern vermieden.

Im allgem. sind die Werkstatt-Gebäude als reine Nutzbauten ohne jeden Luxus auszuführen; insbesondere dient es diesem Zwecke, eine grosse Höhe der Gebäude zu vermeiden. Niedrige Bauwerke mit Shed-Dächern werden häufig billiger und in Bezug auf Beleuchtung und Heizung zweckmässiger sein als hoch aufgeführte Gebäude mit Sattel-Dächern. Bedingt etwa die Anlage von Laufkrähnen eine grössere Gebäude-Höhe als mit Rücksicht auf die sonstigen Zwecke genügen würde, so wird es meist vortheilhaft sein, besondere, nach ihrer Belegenheit mit Sorgfalt auszuwählende Theile des Baues speziell für die Unterbringung der Laufkrähne durch vermehrte Höherführung einzurichten, um den Hauptheil des Raumes niedriger halten zu können. In vielen Fällen kann es auch vortheilhaft sein für den Querschnitt eines Werkstatt-Gebäudes das Basiliken-Schema zu wählen, welches, ausser Innehaltung angemessener Höhen, den Vortheil mit sich bringt, das Mittelschiff durch Seitenlicht — an Stelle von (wegen schwieriger baulicher Unterhaltuug meist unerwünschten) Oberlichts — genügend beleuchten zu können. Da wo gleichmässige Vertheilung des Lichts neben grosser Lichtmenge erwünscht ist, wird man die beiden hoch geführten Wände auf eiserne Stützen stellen, die man auf eine sehr geringe Anzahl dadurch reduziren kann, dass man das Gerippe jener in Form eines — eisernen oder hölzernen — Fachwerks-Trägers ausführt. — Die Lichtmenge ist bei Werkstätten mit grossem Bedarf so zu bemessen, dass die Summe aller Fenster-Oeffnungen $\frac{1}{6}$—$\frac{1}{4}$ der Gebäude-Grundfläche ausmacht und bei grosser Höhe des Raumes über die letztgenannte Verhältniss-Zahl noch hinaus geht. — Eine allgemeine Rücksicht, welche sehr zu beachten ist, besteht darin, die Disposition so zu treffen, dass spätere Erweiterungen des Baues möglich bleiben, ohne dass dieselben übermässige Kosten hervor rufen.

Zur Eindeckung der Werkstätten wird man in den häufigsten Fällen Pappe wählen, seltener Eisen, Schiefer, und noch seltener Eisenblech (glattes oder Wellblech). Für alle diese Deckungen ist Schalung zu verwenden, und es tritt da, wo die Werkstätten der Heizung bedürfen (auf 10—12° R. höchstens zu bemessen), die Nothwendigkeit der Ausführung einer doppelten Schalung auf. — Der Flur wird bei allen Werkstätten, in denen Schneid-Instrumente, gebraucht werden, entweder mit Bohlen gedielt oder mit Holzpflasterung oder endlich auch mit Asphalt-Estrich hergestellt. Zement-Estrich ist sehr ungeeignet. Schmieden, erhalten eine Pflasterung

aus natürlichem Gestein, oder eine blosse Schüttung aus Asche und Schlacken, oder endlich einen Lehm-Estrich, dessen Qualität durch Zusatz von gesiebter Schlacke und Rinderblut oder Thon verbessert werden kann. — Die grösseren Thüren werden zweckmässig zu meist mit aufgehängten Schiebethoren geschlossen, die man entweder aus 3—5 cm starken Bohlen oder aus einem Eisen-Gerippe mit Verkleidung aus glattem oder gewelltem Blech herstellt. — Zu den Fenstern verwendet man fast ausnahmslos Eisengerippe aus Guss- oder Schmiedeisen. Gusseisen-Gerippe ist etwas zerbrechlich, im allgem. aber steifer als das schmiedeiserne. Geht die Fenstergrösse über etwa 5 qm hinaus, so muss man, bei Ausführung in Gusseisen, Theilungen durch kräftige Pfosten und Riegel zu Hülfe nehmen, die meist so schwer ausfallen, dass das Schmiedeisen-Gerippe, was die Herstellungskosten anbetrifft, in Vortheil kommen kann.

Zur Heizung wird meist Dampf verwendet; in einzelnen Fällen ist auch von der Luftheizung und der sogen. Kanalheizung Gebrauch gemacht worden; beide Heizarten haben indess das gegen sich, dass man Kanäle im Fussboden nicht entbehren kann die mit Gitter abzudecken sind und sich daher leicht mit Kehrstoffen und Abfällen füllen. Dieser Uebelstand giebt auch Veranlassung, bei Verwendung von Dampfheizungen von der sonst günstigen Verlegung der Heizrohre in Kanälen zuweilen Abstand zu nehmen und sogen. Register an Aussenwänden und frei liegende Röhren oder Oefen im Innern des Raumes anzuwenden. Die Mitbenutzung der etwa vorhandenen gusseisernen Säulen zur Dampfheizung ist zwar bequem aber wegen verschiedener Uebelstände, die dabei möglich sind, meist nicht gerade empfehlenswerth. — Für Lüftung ist am besten im Dachfirst durch aufgesetzte Reiter zu sorgen. Entweder verwendet man hier grössere stellbare Klappen aus Holz, oder Metall-Jalousien, in welchen die Stäbe fest stehen, weil die Beweglichkeit derselben oft bald aufzuhören pflegt.

Maschinen-Fundamente müssen ihrer Masse nach proportional dem Gewicht der aufzustellenden Maschine sein. Ein etwaiges „Zuviel“ wirkt hier günstig, meistens indessen wird ein weites Hinausgehen über das, was „zulänglich“ sein würde, bemerkt. — Die genaue Aufstellung der Maschinen geschieht am leichtesten und billigsten, indem man Keilstellungen anwendet und alsdann den zwischen Fundament und Sohlplatte der Maschine verbliebenen engen Raum mit Zementmörtel ausgiesst. —

Die Fig. 124, 125 zeigen Grundriss und Querschnitt einer in relativ reicher baulicher Ausstatung ausgeführten sogen. Montirungs-Werkstatt. Das Mittelschiff bildet den eigentlichen Montirraum; die Seitenschiffe sind zur Aufstellung der Werkzeug-Maschinen verwendet; über ersteren läuft ein schwerer (600 Ztr.) Laufkrahn, über den Seitenschiffen liegen 2 leichtere Laufkrähne. Während das Mittelschiff ohne Zwischendecke ist, sind die Seitenschiffe 2 geschossig angelegt und werden in den oberen Räumen zur Aufstellung leichter Maschinen, Feilbänke etc. etc. verwendet. — Die angefügten kleinen Räume dienen bezw. als Magazin für Eisen und Modelle sowie zur Aufstellung von ein paar Schmiedefeuern, eines Glühofens etc. etc. Bemerkenswerth ist die völlige Isolirung der Dach- und Krahnstützen von den Umfangswänden des Gebäudes. Es dienen für diese Zwecke ausschliesslich gusseiserne Säulen, die bezw. zu 2 und 4 neben einander gestellt und durch besonders geformte Sattelstücke, wie ferner noch auf der Zwischenlänge am Kopfe gekuppelt sind. Ausser Seitenfenstern ist Oberlicht in reichlichem Maasse vorhanden, da mehr als die Hälfte der Dachfläche Rohglas-Eindeckung hat. —

Fig. 125.

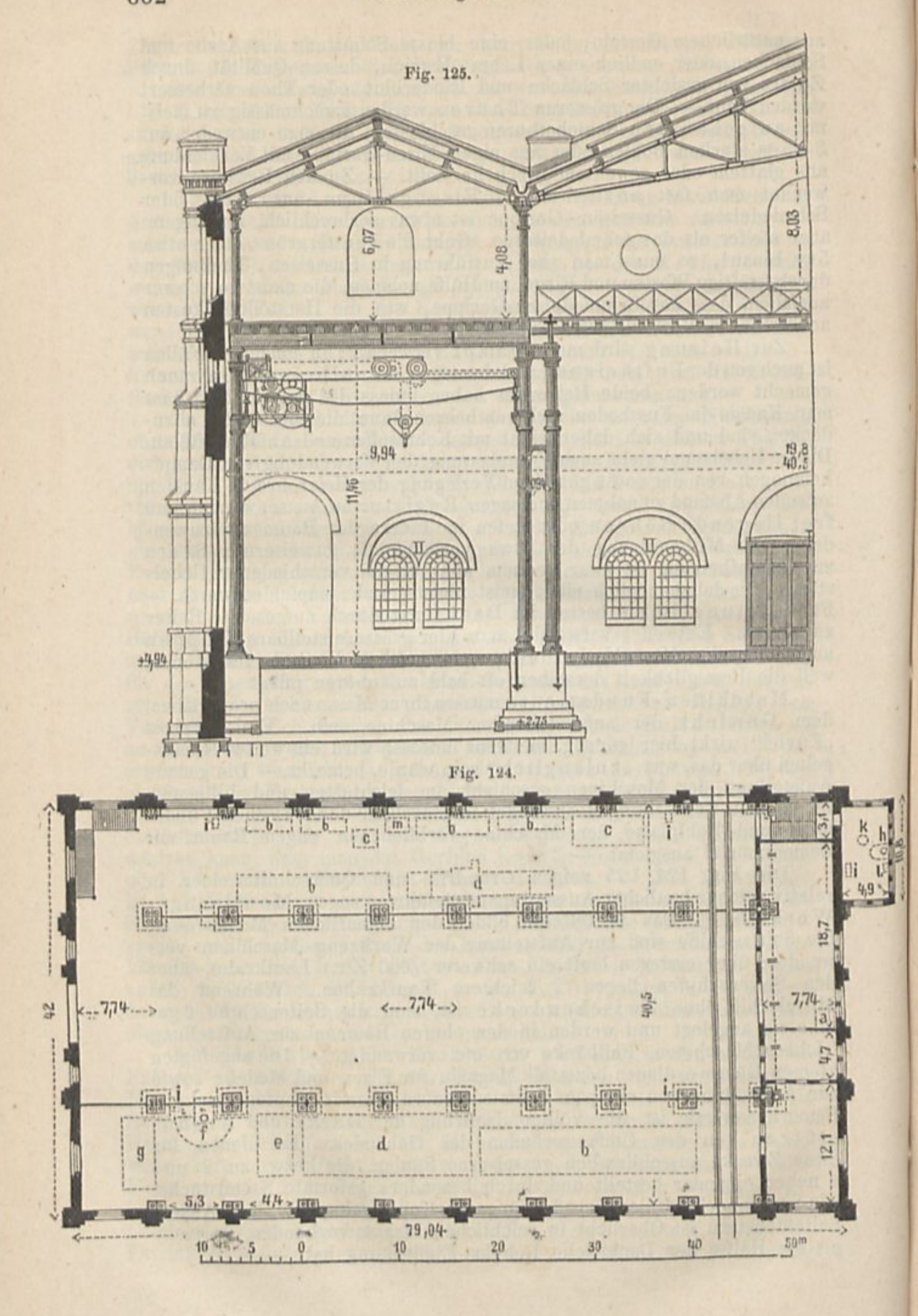


Fig. 124.

G.

BAU-MASCHINEN.

Bearbeitet von G. Herrmann, Professor an der polytechnischen Schule zu Aachen.

---

1. Allgemeines.

Unter „Bau-Maschinen" sollen hier, ausser den speziell bei Bau-Ausführungen zur Verwendung kommenden Hülfs-Apparaten, auch diejenigen Maschinen behandelt werden, die zur Benutzung eines fertigen Bauwerks erforderlich sind und deren Einrichtung i. d. R. dem bauausführenden Ingenieur obliegt. Während zu der ersteren Gattung die sogen. Arbeits-Maschinen (Schöpfwerke, Bagger, Rammen etc.) rechnen, gehören zur 2. Gattung beispielsw. Krähne und Aufzüge zur Benutzung von Kanälen, Häfen und Speichern, ebenso die Schützenzüge bei Schleusen, Wehren etc. — Ausgeschlossen von der Betrachtung sind alle diejenigen Maschinen etc., deren Zweck in einer fabrikationsweisen Erzeugung irgend welcher Gegenstände besteht, sofern das erzeugte Produkt nicht etwa direkt auf der Baustelle verbraucht wird, wie dies z. B. bei dem Produkte der Mörtelbereitungs-Maschinen der Fall ist. —

In der Natur der Sache liegt es, dass alle eigentlichen Bau-Hülfsmaschinen von solcher Konstruktion sein müssen, dass ihre Aufstellung eine leicht ausführbare, ohne erhebliche Vorarbeiten, namentlich ohne das Erforderniss gemauerter Fundamente, zu bewirkende ist. Denn abgesehen davon, dass die Verwendung der Maschinen an derselben Stelle meist nur während kurzer Zeit stattfindet und im Fortgange des Baues häufig Orts-Veränderungen nöthig sind, ist man oft auch gar nicht in der Lage, feste Fundamente anzulegen, besonders dann nicht, wenn der ganze Maschinen-Betrieb erst zu dem Zwecke eingeführt wurde, die Fundirungs-Arbeiten für das Bauwerk überhaupt zu ermöglichen. Es ist aus diesem Grunde die Anwendung von Wasserrädern zum Betriebe der Baumaschinen in fast allen Fällen von selbst ausgeschlossen und wird man, bei Benutzung der Dampfkraft zu Bauzwecken, beinahe ausschliesslich auf die Anwendung der Lokomobilen oder transportabeln Dampfmaschinen beschränkt sein, da auch hier höchstens durch eine lange Bauzeit die Aufstellung stationärer Kessel in einzelnen Fällen sich rechtfertigen kann.

Es ist ferner einleuchtend, dass die Konstruktion aller zum Bau dienenden Maschinen eine thunlichst einfache sein muss, um möglichst wenig der Gefahr von Betriebs-Unterbrechungen durch Reparaturen ausgesetzt zu sein. Bedenkt man, dass zur Bedienung der Bau-Maschine nicht immer geübte und fachkundige Wärter vorhanden sind, dass Reparaturen an den Maschinen bei einiger Entlegenheit

der Baustelle meist nur mit grossem Zeitverluste auszuführen sind, so ist die Wichtigkeit der Forderung, dass Bau-Maschinen möglichst einfach konstruirt sein müssen und dass es geboten ist, die Einfachheit der Konstruktion bis zu gewissem Grade selbst auf Kosten einer ökonomischen Kraftverwendung zu erreichen, leicht erkennbar. Die grösstmögliche Einfachheit ist ferner durch den Umstand angezeigt, dass eine Bau-Maschine meist nur sehr unvollkommen vor den Einflüssen der Witterung geschützt werden kann, oft sogar ganz im Freien arbeiten muss, daher sehr häufig von Schmutz und Staub zu leiden hat und fast immer mehr oder minder der Einwirkung von Erschütterungen und Stössen ausgesetzt ist. Aus letzterem Grunde hat man Gewicht auf eine solide und möglichst kräftige Konstruktion der einzelnen Organe zu legen und namentlich deren Festigkeit gegen lebendige Kräfte in Betracht zu ziehen. Endlich ist eine besonders kräftige Konstruktion der Baumaschinen auch deswegen von der allergrössten Wichtigkeit, weil bei einem, durch ungenügende Haltbarkeit eines Organs veranlassten Unfall in den meisten Fällen mehr oder weniger Menschenleben bedroht sein werden.

In wie weit die eben angegebenen Konstruktions-Regeln sich für solche Anlagen modifiziren, welche der Benutzung des fertigen Bauwerks dienen, darüber müssen in jedem Falle die besonderen Verhältnisse desselben entscheiden. Natürlich ist, dass bei dauernden Anlagen von der Bedingung einer schnellen und gemächlichen Aufstellung Abstand genommen werden darf und dass die Bedingung eines rationellen ökonomischen Betriebes hier um so mehr in den Vordergrund tritt, je grösser die Anlage ist und je mehr man auf ein geübtes und gut eingeschultes Bedienungs-Personal rechnen kann.

Wie bei den Maschinen überhaupt, so ist auch bei den Bau-Maschinen eine Unterscheidung vorzunehmen in Kraft-Maschinen, welche die Betriebskraft gewähren, Arbeits-Maschinen, welche eine nützliche Wirkung ausüben (die hier i. d. R. die Orts-Veränderung von Gegenständen, selten eine Formänderung betrifft), und Zwischen-Maschinen, d. h. einfache Maschinentheile, welche die Verbindung der Arbeits-Maschinen mit den Kraft-Maschinen vermitteln; auf die Zwischen-Maschinen wird hier nur in beiläufiger Weise einzugehen sein. —

2. Kraft-Maschinen.

1. Die Handkurbel.

Arbeiter wirken beim Maschinen-Betrieb fast immer an der Kurbel (Fig. 1), seltener am Hebel. Die vortheilhafteste Arbeits-Geschw. an der Kurbel beträgt 0,60—0,75 m (entsprechend 15—20 Umdrehg. p. M.); dabei ist für die Dauer ein Druck von 12 bis 15 kg, also eine sekundliche Leistung von etwa 9 mkg = ca. ⅛ Pfdkr., zu rechnen. Für vorüber gehende Leistungen (bei Schützenzügen, Winden etc.) sind 15—20 kg als Druck zu rechnen. — Die Armlänge der Kurbel nehme man 0,35—0,40 m; die Höhe der Achse über dem Arbeiterstande 0,9—1,2 m; die Länge der Handhabe bei 1 männigen Kurbeln 0,25—0,30 m, bei 2 männigen Kurbeln 0,40—0,50 m. — 2 Kurbeln auf einer Achse werden meist diametral gestellt, die Wirkung wird gleichmässiger, wenn sie unter 90° zu stehen. Die Stärke der schmiedeisernen Welle kann man zu 35—50 mm annehmen, je nachdem die Kurbel für 1, oder für 2 Arbeiter bestimmt ist. —

Fig. 1.

2. Der Göpel.*)

Die vortheilhafteste Gang-Geschw. der Pferde beträgt 1,0—1,2^{m}, bei welcher eine Kraft von 50^{kg}, also eine Arbeit von 50—60^{mkg} ausgeübt wird. Die tägliche Arbeitsdauer ist nicht über 8 Stunden. Die Halbmesser der Zugbäume nehme man, wenn möglich, nicht unter 5^{m}, wobei die Pferde 2 Mal p. M. umgehen; ein kleinerer Halbmesser wirkt sehr ermüdend und schädlich auf die Thiere. Die Zugbäume sind am besten in solcher Höhe anzuordnen, dass die Zugkraft horizontal auszuüben ist, um Verlust an Zugkraft zu vermeiden. Elastische Anspannung schont die Pferde sowie die Maschinen. Wirken 2 Pferde am Göpel, so spannt man sie, um einseitigen Zapfendruck zu vermeiden, an diametral gegenüber liegenden Zugbäumen an.

Mängel der Göpel sind der hohe Preis der Kraft und die unregelmässige Wirkung, die besonders bei mehrpferdig bespannten Göpeln, bei dem ungleichförmigen Anziehen, eine sehr stossweise ist.

Die Göpel sind fest stehende oder transportable. Bei ersteren hat die stehende Welle eine Halslager-Unterstützung in einem festen Gebäude (Brennerei, Stärkefabrik) oder einem hohen hölzernen Bock-Gerüst (Schlämmerei); bei letzterem ist die Maschine auf einem leicht transportabeln Gestell montirt. Diese besonders für landwirthschaftliche Zwecke dienende Göpel-Art findet auch auf Baustellen am leichtesten Verwendung.

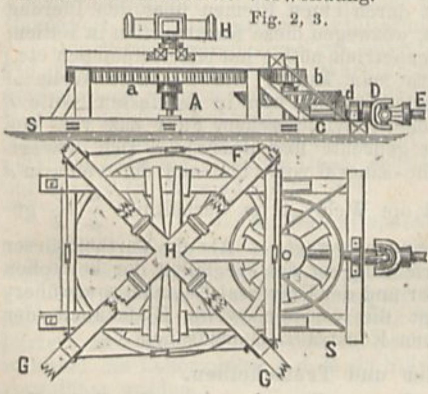


Fig. 2, 3.

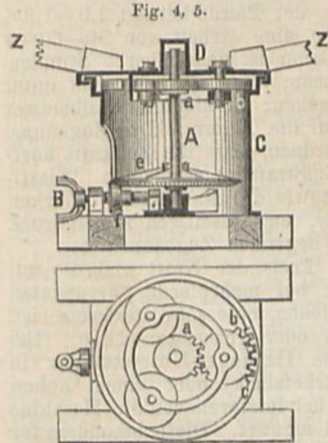
Fig. 2, 3 ist ein Göpel mit hölzernem Gestell, wie er von fast allen Fabriken landwirthschaftlicher Maschinen gebaut wird. Die stehende Welle A treibt durch die Stirnräder a, b und die konischen Räder c, d die horizontale Transm.-Welle C mit im Verhältniss $\frac{a}{b}\ \frac{c}{d}$ grösserer Umdreh.-Geschw. Für die gebräuchlichen Uebers.-Verhältn. bezw. 6 u. 5 erhält man auf 1 Umgang der Pferde 30 Wellen - Umdreh. Ein Universal-Gelenk D ist nöthig, um eine gewisse Richtungs-Abweichung zwischen den Wellen C und E zu gestatten. Die Spannstangen F, welche die Zugbäume G versteifen, tragen wesentlich dazu bei, den unregelmässigen Zug der Pferde möglichst gleichmässig auf die Rosette H und damit auf die Welle A zu übertragen. — Für die Aufstellung genügt eine Befestigung der Schwellen S durch in den Boden eingetriebene kurze Pfähle. — Anstatt des hölzernen Gestells wendet man zuweilen auch einen gusseisernen 3 oder 4 beinigen Bock an. —

Von eigenthümlicher Konstruktion ist der ganz gusseiserne Zylinder-Göpel von Barret & Exall, Fig. 4, 5. Der Deckel D des Gehäuses C wird direkt durch die Zugbäume Z gedreht und überträgt mittels der 3 Kreiselräder b die Bewegung auf das Getriebe a der Achse A, die durch die Winkelräder e u. f die Transm.-Welle B

*) Weisbach, Ingen.- u. Masch.-Mechanik. Th. II; Perels, Landw. Maschinen; Prechtl, Technol. Encyklopädie etc.

in schnellere Bewegung setzt. Die Kreiselräder sitzen lose auf ihren am Deckel befestigten Achsen und greifen nicht nur in das Getriebe

Fig. 4, 5.



a der Mittelwelle, sondern auch in einen, den oberen Hals des fest stehenden Zylinders bildenden Zahnkranz *c* ein. Vermöge dieser Anordnung wirken die Räder wie in einem Differential-Getriebe, und macht die Welle *A* bei jedem Umgange des Deckels oder der Pferde: $1 + \frac{c}{a}$ und die Welle *B* daher $\frac{e}{f}\left(1 + \frac{c}{a}\right)$ Umdreh. (*a*, *c*, *e* u. *f* die Halbmesser oder auch die Zähnezahlen der Räder). Dieser Göpel hat sich wegen seines geringen Effekts nur wenig Eingang verschafft, die bedeutende Reibung des Deckels zehrt einen beträchtlichen Theil der Kraft auf. — Die Pferde müssen dabei über die Transm.-Welle wegschreiten. —

Fig. 6.

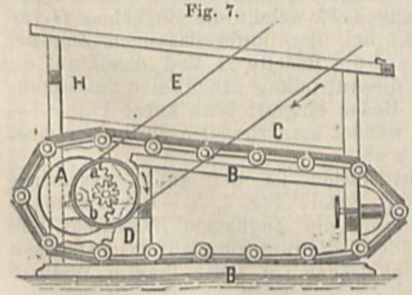


Bei dem von Pinet*) angegebenen Göpel (Fig. 6) wird die Kraft durch einen Riemen über den Pferden hinweg geführt, weswegen diese Konstruktion in Fällen, wo man Riemenbetrieb nöthig hat (Kreiselpumpen etc.) empfehlenswerth sein kann. Die vertikale Welle *A* mit der Riemscheibe *s* ist hier in der festen Säule *S* geführt, auf deren zylindrischem Fuss das von den Pferden direkt gedrehte lose Stirnrad *a* sich bewegt. Durch den Zahn-Eingriff von *a* in *b* und den von *c* in *d* wird die Welle *A* im Verhältniss $\frac{a}{b}\,\frac{c}{d}$ geschwinder bewegt. — Als ein Vortheil dieser Einrichtung ist das Wegfallen der konischen Räder und der Universal-Gelenke, sowie überhaupt die vergleichsweise Einfachheit der ganzen Konstruktion anzusehen. —

3. Laufräder und Tretscheiben.

Dieselben werden sehr selten noch angewendet. Für Baustellen wäre ihre Aufstellung auch zu umständlich, doch hat man in neuerer Zeit ein Tretwerk**) amerikanischen Ursprungs empfohlen, welches einfacher Konstruktion und leicht transportabel ist, Fig. 7. Als besonderer Vortheil dieser Anordnung ist das geringe Raum-Erforderniss anzuführen (für ein 1 pferd. Tretwerk etwa $3 \times 1{,}5$ qm Grundriss-Fläche), welches auf beschränkten Bau-

Fig. 7.



*) Polytechn. Centralblatt 1856.
**) Perels, Landw. Maschin., Motoren d. Dreschmaschinen.

stellen, Prahmen etc. für die Verwendung sprechen kann. Das Thier steht hierbei auf der endlosen Kettenbahn *C*, welche über die Trommel *A*, und mittels Laufrollen auf den Schienen *B* geführt wird. Wegen der Neigung der oberen Kette gegen den Horizont bewegt sich die Kette unter dem Pferde fort, welches dadurch, ohne einen Treiber zu bedürfen, zu beständiger Geh-Bewegung veranlasst wird, da die Halfter bei *H* befestigt ist. Durch die in Einschnitte der Trommel *A* eingreifenden Bolzen der Bahnkette wird *A* gedreht und mittels des innerlich gezahnten Rades *a* und des Getriebes *b* die Bewegung auf die Betriebs-Welle übertragen, von deren Riemscheibe *D* der Betrieb der Arbeits-Maschine durch den Riemen *E* bewirkt werden kann. Der verändliche Neigungswinkel α der Bahn gegen den Horizont ist so zu bestimmen, dass die mit der Bahn parallele Komponente $G \sin \alpha$, von dem Gewicht G des Thieres herrührend, etwa gleich dessen Zugkraft P ist. Für $P = 50$ bis 60^{kg} und $G = 300^{\text{kg}}$ hat man daher $\sin \alpha = \frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{5}$ oder $\alpha = 9$ bis 10°. — Die Umdreh.-Zahl der Trommel *A* vom Durchm. *d* bestimmt sich zu $\frac{60\,v}{3{,}14\,d}$ also z. B. für $v = 1^{\text{m}}$ und $d = 0{,}6^{\text{m}}$ zu etwa 30. Man erhält darnach mit diesem Tretwerke schneller eine grössere Umdreh.-Zahl als bei den gewöhnlichen Göpelwerken und spart also an Zahnrädern. Die Widerstände sind aber, wegen der grossen Anzahl beweglicher Theile etc., grösser und geben zu entsprechender Häufigkeit von Reparaturen Veranlassung. —

Der Wirkungsgrad eines gut ausgeführten Göpels nach Art von Fig. 2, 3 kann bei gehöriger Wartung zu 0,75 bis 0,80 angenommen werden, u. z. werden von dem 20—25 % betragenden Verluste etwa $\frac{3}{4}$ durch die Zahnreibungen und der Rest durch die Zapfen-Widerstände aufgezehrt. Mit Rühksicht auf diese Verluste beträgt die nutzbare Leistung eines am Göpel arbeitenden Pferdes im Durchschn. nur etwa $0{,}75 \,.\, 60 = 45^{\text{mkg}}$ pr. Sek. —

4. Dampfmaschinen.

Sie werden in der Bautechnik meist in transportabler Form als sogen. **Lokomobilen** ausgeführt. Durch die Bedingung der Möglichkeit einer leichten Orts-Veränderung ist das Gewicht dieser Maschinen (und damit auch die Stärke) derselben begrenzt, und kann man die letztere zu etwa 20 Pfdkr. (als ein praktisches Maximum) annehmen, während die Lokomobilen i. d. R. in Stärken zwischen 4 und 10 Pfdkr. ausgeführt werden.

Der **Kessel** wird fast allgemein nach Art der Lokomotiv-Kessel mit engen Sideröhren (richtiger Feuerröhren) konstruirt, woneben aber noch andere Formen, doch selten, vorkommen. Fig. 8 zeigt den Typus eines gewöhnlichen Lokomobil-Kessels von mittlerer Grösse. Von der ganz eisernen Feuerbuchse *A* werden die Verbrennungs-Produkte durch die ebenfalls eisernen $40—70^{\text{mm}}$ weiten, $2—3^{\text{m}}$ langen Sideröhren *B* (deren Zahl zwischen 20 u. 60 schwankt) nach der Rauchkammer *C* und dem eisernen $3—5^{\text{m}}$ hohen Schornstein *D* abgeführt. Oft wendet man als Funkenfänger Drahthauben auf der Schornstein-Mündung oder Drahtgitter in der Rauchkammer an; häufiger indess fehlt der Funkenfänger, da derselbe den Zug bedeutend schwächt. Der Rost *E* hat pr. Pfdkr. zwischen 0,04 und $0{,}06^{\text{qm}}$



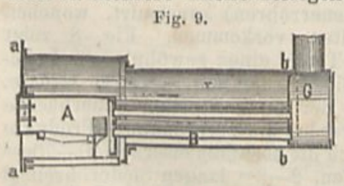
Fig. 8.

Grösse, wovon die kleinere Zahl für Steinkohlen-, die grössere für Braunkohlen- und Torf-Feuerung gilt. Von dieser Fläche entfallen ¼ bis ⅕ auf die lichten Zwischenräume der Stäbe, womit die Gesammtweite der Siederöhren überein stimmt. Die Heizfläche wird von verschiedenen Konstrukteuren, und, entsprechend der Güte des Brennmaterials, verschieden angenommen und schwankt zwischen 1,2 und 2,0 ^{qm} pr. Pfdkr. Die englischen Lokomobilen haben meist die geringere Heizfläche; für deutsche Verhältnisse, besonders für Torf- und Braunkohlen-Feuerung wird man zwischen 1,5 und 1,8 ^{qm} wählen können. Je grösser die Heizfläche, desto vortheilhafter ist die Ausnutzung des Brennmaterials, aber desto grösser das Kessel-Gewicht. Die erforderliche Grösse der Heizfläche ist natürlich kleiner bei Maschinen mit Expansion. Gewöhnliche Lokomobil-Kessel werden selten mit weniger als etwa 5 oder mit mehr als etwa 40 ^{qm} Heizfläche ausgeführt; hiervon kommen etwa 70—80 % auf die Röhren, 20—30 % auf die Feuerbuchse. —

Die Dampfspannung pflegt man meist ziemlich hoch (5—6 Atm. Ueberdruck) anzunehmen. Der gebrauchte Dampf entweicht immer durch ein im Schornstein angebrachtes Blasrohr und hat, auch selbst wenn man 2- bis 3fache Expansion anwendet, noch genügende Spannung zur Anfachung des Zuges. Der Abgangs-Dampf wird häufig vor seinem Austritt durch das Blasrohr einem Vorwärmer zum Vorwärmen des Speisewassers (auf 80 bis 90° C.) zugeführt. — Wegen des verhältnissmässig geringen Wasser-Inhalts liefern die Lokomobil-Kessel Dampf in kurzer Zeit, was von besonderer Wichtigkeit für alle schnell und vorüber gehend in Betrieb zu setzenden Kessel ist; andererseits sind aber diese Kessel durch ihre geringe Aufspeicherungs-Fähigkeit für die Wärme unvortheilhaft. Die Abkühlung möglichst zu verringern, pflegt man die Kessel mit schlechten Wärmeleitern (Asche, Filz, Luftschicht) zu umgeben. — Bei manchen Konstruktionen findet man den vorderen Kesseltheil als Dom über die Feuerbuchse, bei andern die Rauchkammer überhöht, um dort den Dampf-Zylinder unter zu bringen; es ist hiermit jedoch die leichte Zugänglichkeit zum Zylinder und besonders zu den Schiebern erschwert. Den Zylinder in eine Umhüllung zu legen, durch welche der gebrauchte, daher kühl gewordene Dampf geht, ist offenbar ganz zweckwidrig.

Ein grosser Uebelstand des gewöhnlichen Röhrenkessels ist die Schwierigkeit, denselben vom Kesselstein zu reinigen. Zum Zwecke leichter Reinigung hat man die Kessel wohl so konstruirt, dass sie sich in mehrere Theile zerlegen lassen, die einzeln leicht reinigungsfähig sind. Bei dem Kessel Fig. 9 bildet die zylindrische Feuerbuchse *A* mit den Siederöhren *B* und der hinteren Rohrwand *C* den einen Kesseltheil, welcher bei *a* und *b* mit dem Mantel durch Schraubenbolzen verbunden ist, nach deren Lösung der erstgedachte Theil sich aus dem Mantel heraus ziehen lässt. Mit dieser Konstruktion hat man den grossen Uebelstand mit in den Kauf zu nehmen, dass die Verbindungsstellen bei *a* und *b* auf die Dauer sehr schwer dicht gehalten werden können. — Eine andere Konstruktion (von Thomas u. Laurent) zeigen Fig. 10, 11, in welcher die gleichfalls zylindrische Feuerbuchse *A* in ein konisches Feuerrohr *B* sich fort setzt, welches am Ende mit einer inneren Rauchkammer *C* ver-

Fig. 9.



sehen ist, von der aus eine Anzahl Siederöhren *D* nach der äusseren Rauchkammer *E* geführt sind. Diese Anordnung gestattet, den ganzen Heiz-Apparat aus dem Kesselmantel *M* heraus zu ziehen, nachdem man die Schrauben an der Dichtungsstelle bei *a* gelöst hat. — Neben dem gleichen Uebelstande, wie die Konstruktion Fig. 9 ihn hat, leidet dieser Kessel besonders an dem andern, dass der Dampfdruck auf die hintere Rückwand *c* der Rauchkammer *C* — als nicht gehörig durch einen Gegendruck ausbalanzirt — die Röhren sehr leicht undicht macht und dass der schwere Heiz - Apparat beim Herausnehmen und Wiedereinsetzen leicht Beschädigungen, namentlich einem Undichtwerden der Röhren ausgesetzt ist. Eine allgemeine Einführung haben daher auch diese Kessel nicht erlangen können und ist man meist zu der ursprünglichen Kessel-Form Fig. 8 zurück gekehrt. —

Die Maschinen für Lokomobilen werden immer als direkt wirkende, liegende Hochdruck-Maschinen ausgeführt. Bis zu 10 Pfdkr. pflegt man nur 1 Zylinder anzuwenden, für grössere Stärken ist die 2zylindrige Bauart vortheilhafter. Eine mässige, etwa 2- bis 3fache Expansion empfiehlt sich. Zwar nimmt die Maschine bei voller Füllung das geringste Gewicht an, doch wird dieser Vortheil durch Vergrösserung des Kessel - Gewichts wieder aufgehoben und hat daher die ganze Lokomobile bei etwa 2- bis 3facher Expansion das relativ geringste Gewicht, ausser dem ermässigten Brennmaterial-Verbrauch.

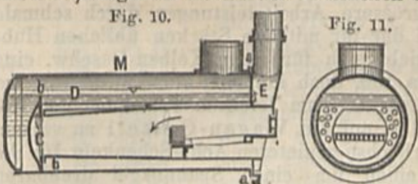
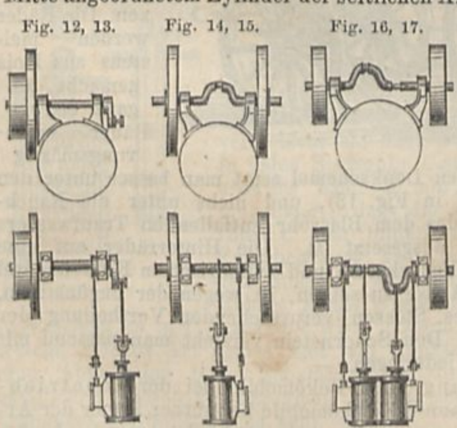


Fig. 10. Fig. 11.

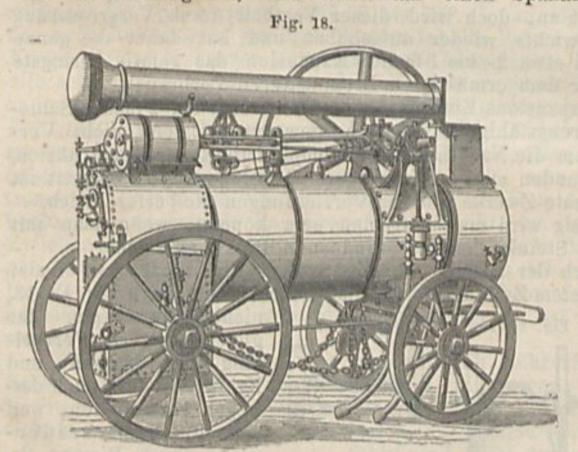
Für die Expansions-Einrichtung empfiehlt sich ein 2 facher Schieber. Veränderungsfähige Expansion gewährt meistens nicht Vortheile genug, um die Nachtheile der Komplizirtheit der Konstruktion, die damit verbunden sind, aufzuwiegen. Umsteuerungs-Fähigkeit ist nur für bestimmte Zwecke (Förder-Vorrichtungen etc.) erforderlich. — Erfahrungsmässig wird man zufrieden sein können, wenn man mit 3,5—4 kg guter Steinkohlen pr. Stunde und Pfdkr. ausreicht. —

Hinsichtlich der Bauart ist das System Fig. 14, 15 mit in der Mitte angeordnetem Zylinder der seitlichen Anordnung, nach Fig. 12, 13, nicht nur wegen der gleichmässigeren Vertheilung der Massen und Kräfte, sondern auch deswegen vorzuziehen, weil man die Kraft beiderseits durch Riemen abzweigen kann. Hierbei empfiehlt sich die Anbringung von 2 Schwungrädern, welche gleichzeitig als Riemscheiben dienen können. Bei 2-zylindrigen Maschinen kann nur die in Fig. 16, 17 dargestellte Anordnung mit 2 innen liegenden Zylindern und gekröpfter Welle angewendet werden. — Die Maschine wird entweder direkt auf dem Kesselmantel


Fig. 12, 13. Fig. 14, 15. Fig. 16, 17.

montirt, oder man verwendet eine besondere, gusseiserne Sohlplatte, wodurch allerdings das Gewicht vergrössert, andererseits aber der Vortheil erreicht wird, die Maschine bei Reparatur-Bedürftigkeit des Kessels abnehmen zu können. — Die Uebertragung der Kraft sollte man, wenn irgend möglich, von der Lokomobile aus durch Riemen bewirken, weil bei Zahnrädern stossende und zuckende Wirkungen fast unvermeidlich sind, in Folge deren sich sehr bald Undichtigkeiten des Kessels einstellen. — Es ist gerechtfertigt und ziemlich allgemein üblich, die Kolben-Geschw. der Lokomobilen grösser anzunehmen, als für gleich starke, stationäre Maschinen, um Abmessungen und Gewichte zu verkleinern. Für die gewöhnlichen Konstruktionen pflegt man Kolben-Geschw. von 1,4—1,6^m, zuweilen bis zu 2^m und selbst darüber anzuwenden. Die Hubhöhe des Kolbens nimmt man dagegen gering, um die Länge der Maschine zu reduziren und eine grosse Umdrehungszahl der Schwungrad-Welle zu erlangen, wie sie erforderlich ist, um auch grössere Arbeitsleistungen durch schmale Riemen zu übertragen. Bei der für mittlere Stärken üblichen Hubhöhe von 0,25 bis 0,30^m ergiebt sich für obige Kolben-Geschw. eine Umdreh.-Zahl p. M. von etwa 150, doch kommen auch Fälle vor, wo dieselbe 200 und mehr beträgt. — Zum leichten Transport der Lokomobilen pflegt man dieselbe auf ein Wagen-Gestell zu setzen, bestehend aus 2, an die Feuerbüchse genieteten Achs-Schenkeln für die Hinterräder Fig. 18, und einen um einen Spannnagel drehbaren Lenkschemel mit den Vorderrädern. Der Spannnagel ist mit dem Feuerkasten durch einen Anker verbunden, während Spannketten den Ausschlags-Winkel der Vorder-Achse begrenzen. Die Räder werden meistens aus Holz gemacht, da ganz eiserne Räder erfahrungsmässig leicht defekt werden. Den Lenkschemel setzt man besser unter den eigentlichen Kessel (wie in Fig. 18), und nicht unter die Rauchkammer, welche wegen des dem Blasrohr entfallenden Traufwassers i. d. R. baldigem Rosten ausgesetzt ist. Die Hinterräder auf eine in dem Winkel zwischen Feuerkasten und zylindrischem Kesselmantel gelagerte durchgehende Achse zu setzen, ist wegen der ungünstigen, beim Fahren ein lästiges Stossen verursachenden Vertheilung der Belastung, nicht räthlich. Den Schornstein versieht man passend mit einer Vorrichtung zum Niederlegen. —

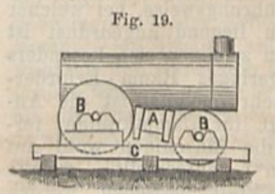
Fig. 18.



Was die Aufstellung einer Lokomobile bei der Inbetriebsetzung anbetrifft, so kann die Lokomobile bei kurzer Dauer der Arbeit auf den Rädern belassen werden, indem man letztere durch eine hölzerne Spreize A, Fig. 19, mit Hülfe von Keilen gegen einander absteift.

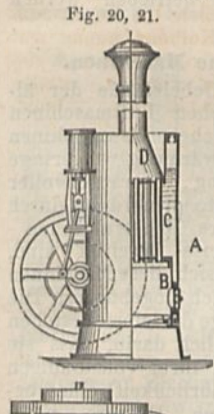
Bei längerer Arbeit ist diese Aufstellung wegen ungenügender Stabilität, sowie auch deshalb nicht rathsam, weil die hölzernen Räder, besonders die hinteren, in Folge des starken Zusammentrocknens sehr leiden. Es empfiehlt sich daher, die Achs-Schenkel nach Abnahme der Räder in die Einschnitte entsprechender Unterlags-Klötze *B* zu legen, welche auf 2 Langschwellen *C* befestigt sind.

Fig. 19.



Die sogen. stehenden Lokomobilen, Fig. 20, 21, auch wohl transportable Maschinen im engeren Sinne genannt, unterscheiden sich von den bisher betrachteten sowohl durch die Kessel-Konstruktion, wie durch die vertikale Anordnung der Maschine. Der Kessel ist bei diesen Maschinen ein vertikaler Blech-Zylinder *A*, welcher die, gleichfalls zylindrische Feuerbuchse *B* aufnimmt. Im übrigen sind hauptsächlich 2 Ausführungs-Arten gebräuchlich: Bei der Konstruktion, Fig. 20, 21 gelangen die Verbrennungs-Produkte aus der Feuerbuchse durch ein System enger Feuerröhren *C* nach einer Rauchkammer *D*, auf welcher der Schornstein steht, so dass die Verdampfung an der äusseren Oberfläche dieser Röhren stattfindet. Der Effekt derartiger Kessel ist nur gering, weil die Feuergase so schnell aufsteigen, dass eine hinreichende Wärme-Abgabe nicht stattfinden kann. Man hat daher vielfach eine Konstruktion nach Fig. 22 gewählt, bei welcher von dem Deckel der (viel höheren) Feuerbuchse *B* eine Anzahl unten geschlossener, mit Wasser gefüllter Sideröhren *C* in den Raum der Feuergase herab hängen, so dass die Verdampfung im Innern dieser Röhren stattfindet. Ein birnförmiges, unter der Schornstein-Oeffnung hängendes Chamottestück *D* verhindert die Feuergase am direkten Entweichen. Wenn auch diese Kessel-Konstruktion einen höheren Effekt erzielen lässt, so leidet sie doch an dem grossen Uebelstande, dass die untern Endigungen der Sideröhren bald mit Kesselstein gefüllt werden. Dies zu vermeiden, hat man, Fig. 23, (beim Field-Kessel) in jedes Siederohr *C* ein oben und unten offenes eisernes Rohr *E* mit Hülfe eines Stegs *F* so eingehängt, dass die an der Wand des Siederohrs *C* sich bildenden Dampfbläschen in dem Zwischenraume zwischen beiden Röhren aufsteigen müssen, während durch das Innere des Rohres *E* das Wasser in dem Masse nieder sinkt, in welchem es in *C* verdampft wird. Durch die lebhafte Zirkulation, welche solcher Art insbes. sich am Punkte *G* einstellt, hoffte man einer Ablagerung fester Substanzen an diesen von aussen nicht zugänglichen Stellen zu begegnen; indess scheinen die Erfolge nicht besonders befriedigend zu sein. —

Fig. 20, 21.



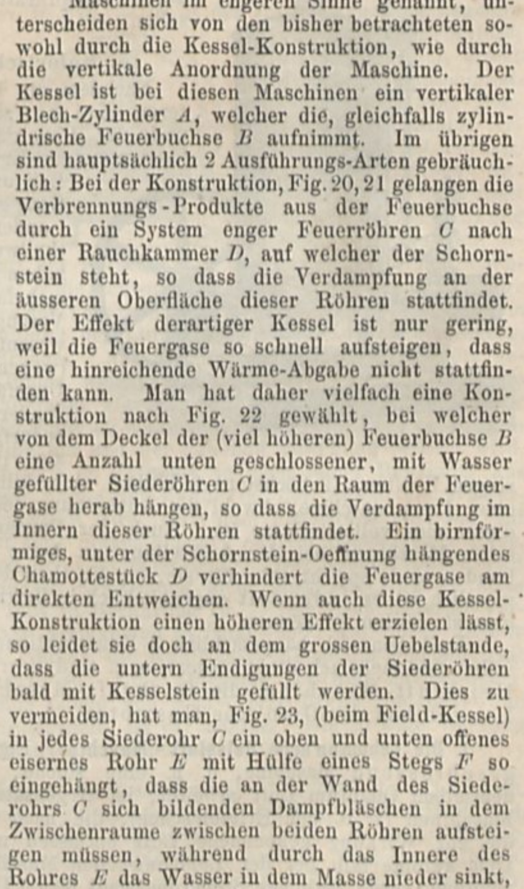
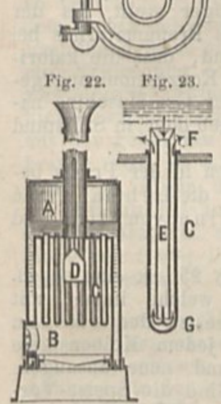


Fig. 22. Fig. 23.



Die Maschine wird bei den stehenden Kesseln direkt an den Kessel geschraubt und zwar entweder nach Art von Fig. 20, 21, so

dass die Schwungrad-Welle unten angeordnet ist, oder in umgekehrter Stellung, wobei man die Schwungrad-Welle quer über den Kessel hinweg gehen lässt. Eine 3. mögliche Ausführungsweise, bei welcher der Kessel stehend, der Zylinder dagegen liegend angeordnet ist zeigt Fig. 24. — Die stehenden Lokomobilen zeichnen sich besonders durch ihr geringes Raum-Erforderniss aus. Sehr geeignet ist die Anordnung z. B. für Dampfkrahne; ferner werden die Maschinen wohl auf Drehscheiben*) aufgestellt, welche durch Dampfkraft betrieben werden sollen. —

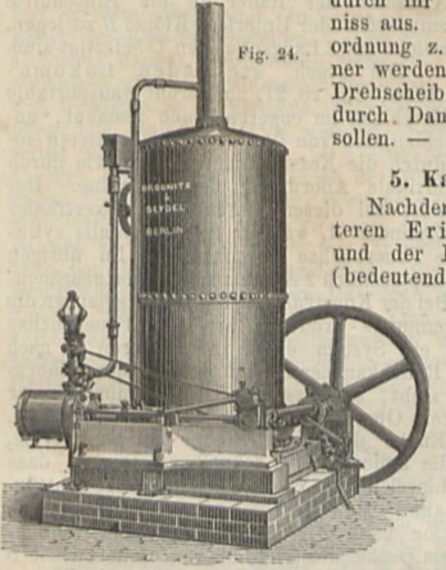


Fig. 24.

5. Kalorische Maschinen.

Nachdem die Uebelstände der älteren Ericson'schen Luftmaschinen und der Lenoir'schen Gasmaschinen (bedeutende Erwärmung, geringe Leistung, geräuschvoller Gang etc.) neuerdings durch andere Konstruktionen theilweise beseitigt sind, haben sich diese Maschinen mehrfach eingebürgert. Die Vorzüge derselben bestehen wesentlich darin, dass sie (wegen ihrer vollständigen Ungefährlichkeit) eines besonderen Heizers nicht bedürfen, in Folge dessen also ihr Betrieb, bei geringen Kräften, (2 höchstens 3 Pfdkr.) sich billiger stellt, als der einer Dampfmaschine, obwohl die Ausnutzung des Brennmaterials bei dieser eine vollständigere ist. Auch der Umstand, dass die kalorischen Maschinen bei der Aufstellung an keine Konzessionirung gebunden sind, spricht sehr für sie, ein Vortheil der Gas-Maschine namentlich ist es, jederzeit augenblicklich in Betrieb oder in Stillstand gesetzt werden zu können.

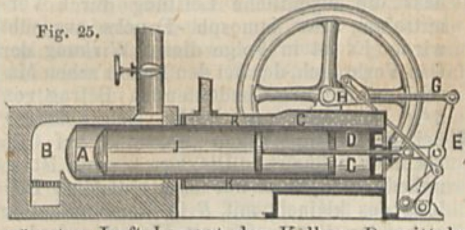
Es haben sich hauptsächlich 3 Konstruktionen in der Praxis bewährt und mehrfach eingebürgert, u. z. sind dies: die Lehmann'sche Heissluft-Maschine, die Gaskraft-Maschine von Otto und Langen und der Otto'sche Gasmotor.

1. Die Lehmann'sche Heissluft-Maschine, Fig. 25, ist eine sogen. geschlossene Maschine, d. h. eine solche, welche immer mit demselben Quantum Luft arbeitet, im Gegensatze zu den offenen Maschinen (z. B. den Ericson'schen), die nach jedem Kolbenspiele die zur Wirkung gekommene Luft entlassen und neue ansaugen. Dem zufolge fällt bei der Lehmann'schen Maschine die Speise-Vorrichtung, sowie jeglicher Steuerungstheil fort. Die Wirkung der geschlossenen kalorischen Maschine beruht auf Folgendem: Ein in dem Zylinder eingeschlossenes Quantum Luft erhält durch Erwärmung eine höhere Spannung, in Folge deren dasselbe bei seiner Expansion einen Arbeitskolben vor sich hertreibt, also eine gewisse mechanische Arbeit verrichtet. Hierauf wird durch den Kolben-Rückgang, welcher durch

*) S. u. a. Schweizer. polyt. Zeitschr., Jahrg. 1865.

die lebendige Kraft des Schwungrades bewirkt wird, die Luft wieder auf ihr ursprüngliches Volumen komprimirt, wozu natürlich das Schwungrad wieder Arbeit aufwenden muss. Da aber während der Kompression die Luft abgekühlt, also ihre Spannung verringert wird, während der Expansion aber die Luft erwärmt, ihre Spannung also erhöht wird, so ist die bei der Expansion verrichtete Arbeit grösser, als die zur Kompression erforderliche, und man erzielt daher eine gewisse Arbeit, welche nach den bekannten Gesetzen der mechanischen Wärmetheorie mit dem Wärme-Quantum in Beziehung steht, das von dem heissen Körper (Feuerung) an den kälteren (Kühlwasser) übergegangen ist. — In Fig. 25 ist *A* der in der Feuerung liegende gusseiserne Feuertopf, an welchen sich direkt d. Zylinder *C* anschliesst, der den mit Leder-Manschette gedichteten Arbeitskolben *D* enthält. Bei der Kolben-Bewegung von links nach rechts unter Einwirkung der expandirenden, erwärmten Luft bewegt der Kolben *D*, mittels der 2 Hebel *E*, Schubstangen *G* und Kurbel *H* die Schwungrad-Welle, durch deren lebendige Kraft er darnach wieder von rechts nach links geführt wird. Um hierbei durch Abkühlung der Luft deren Widerstand zu verringern, ist der sogen. Verdränger *J* angebracht, ein hohler, beiderseits geschlossener Blechzylinder, welcher von dem Arbeits-Zylinder ringsum durch einen Zwischenraum getrennt ist. Wenn diesem Verdränger ebenfalls von der Schwungrad-Welle aus durch ein zweites Kurbel- und Hebel-System eine hin und her gehende Bewegung ertheilt wird, so verdrängt er die Luft im Zylinder, je nach seiner Bewegung, aus dem rechts gelegenen Theile des Zylinders, der durch die Wasser-Umhüllung in *K* abgekühlt wird, nach dem Feuertopfe hin (was auf eine Erwärmung der Luft hinaus kommt), oder in umgekehrtem Sinne, was einer Abkühlung der Luft entspricht*). Der Arbeits-Kolben wird hierbei einer besonderen Erwärmung nicht ausgesetzt, da er stets mit der gekühlten Luft in Berührung ist. — Der Brennmaterial-Verbrauch wird zu 4,5^{kg} Steinkohlen (à 5000—5500 Kal.) oder zu 3^{kg} Koaks pr. Pfdkr. u. Stunde, die Kühlwasser-Menge für gleiche Kraft pr. Min. zu 10^{l} angegeben. Eine 1pferdige Maschine hat bei 0,35^{m} Zylinder-Durchm. eine Länge von 3,25^{m}, eine Breite von 0,93^{m} und Höhe von 1,4^{m}; ihr Gewicht ist ca. 2200^{kg}. Die grösste Wirkung wird bei etwa 78 Umdreh. erreicht. —

Fig. 25.

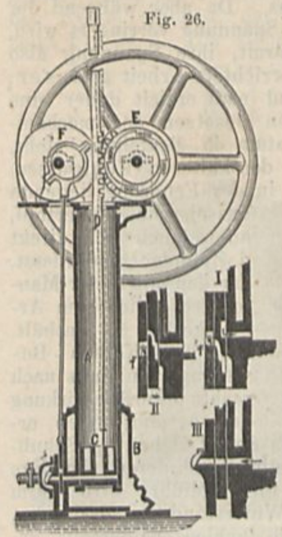


2. Die atmosphärische Gaskraft-Maschine**) von Otto u. Langen. In dem gusseisernen, zylindrisch ausgebohrten Säulenständer *A*, Fig. 26, dessen unterer, erweiterter Sockel *B* eine Wasserkühlung für den eigentlichen Zylinder *A* enthält, wird ein Kolben *C* durch Entzündung eines gewissen Quantums Gas oder atmosphär. Luft (1 Th. Gas auf 4 Th. Luft) empor geschleudert. Hierbei erzeugt der frei bewegliche Kolben im Innern des Zylinders einen luft-verdünnten Raum, in Folge dessen der äussere Luftdruck den Kolben, nachdem dieser seinen höchsten Stand erreicht hat, wieder hinab drängt, wobei durch eine selbstthätige Kuppelung zwischen der

*) Ueber die Theorie dieser Maschinen s. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1871.
**) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1868.

Kolbenstange D und dem Zahnrade E auf der Schwungrad-Welle die letztere in Umtrieb gesetzt wird. Das Exzenter F hat den Steuerungs-Schieber zur Regulirung des Gas- und Luft-Zutrittts zu bewegen; die Entzündung des Gas-Gemenges wird durch eine kleine Gasflamme bewirkt. Die Eigenthümlichkeit dieser Maschine besteht darin, dass nicht, wie bei den Lenoir'schen Maschinen, die Explosions-Kraft direkt auf die Maschinen-Welle übertragen, sondern nur dazu verwendet wird, ein Vakuum zu erzeugen, so dass die eigentliche Leistung durch Vermittelung des Atmosph.-Drucks ausgeübt wird. Es ist in Folge dieser Wirkung der Gas-Verbrauch, der bei den Lenoir'schen Maschinen auf den bedeutenden Betrag von 3 cbm pr. Stunde u. Pfdkr. sich beziffert, bei der Langen'schen Maschine auf 0,75 bis 1 cbm reduzirt. Die Erwärmung ist so unbedeutend, dass nur eine einmalige Füllung des kleinen, mit B in Kommunikation stehenden Reservoirs mit Wasser erfordert wird, ohne dass es einer Erneuerung bedarf. — Die Maschinen werden bis zu 3 Pfdkr. in der Gasmotoren-Fabrik zu Deutz ausgeführt. —

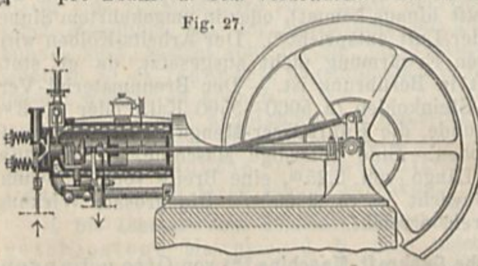
Fig. 26.



Die beschriebene Langen'sche Maschine leidet an dem Uebelstande eines sehr geräuschvollen Ganges. Dieser Uebelstand hat die gen. Firma veranlasst, eine anders konstruirte Maschine unter dem Namen des:

3. Otto'schen Motors einzuführen, welche durch einen sehr ruhigen Gang sich auszeichnet und ebenfalls nur ein Gas-Quantum von $^{3}/_{4}$ cbm pro Pfdkr. u. Std. verbraucht. Es ist auf das sogen. liegende System zurück gegangen, indem der in einem horizontalen, vorn offenen Zylinder, Fig 27, bewegte Kolben durch Lenkerstange eine Kurbel-Welle in Umdrehung setzt. Die Anordnung ist dabei so getroffen, dass jedesmal 2 Umdrehungen der Kurbelwelle 1 Spiele der Maschine entsprechen. Wenn nämlich der Kolben aus der äussersten linksseitigen Lage (a) in die mittlere (b) sich bewegt, wird hinter ihm Luft und, bei weiterer Bewegung des Kolbens in die andere, rechtsseitige Endstellung, (c) ein Gemisch aus Luft und Gas angesaugt; dieses Gas-Gemisch wird beim Rückgang des Kolbens — von (c) nach (a) — komprimirt und in einen kurzen, konischen Verdichtungs-Raum am Ende des Zylinders gedrückt. Im Augenblicke, wo der Kolben den 2. Vorwärtsgang — von (a) nach (c) — antritt, wird durch eine Flamme das Gas-Gemisch entzündet und

Fig. 27.



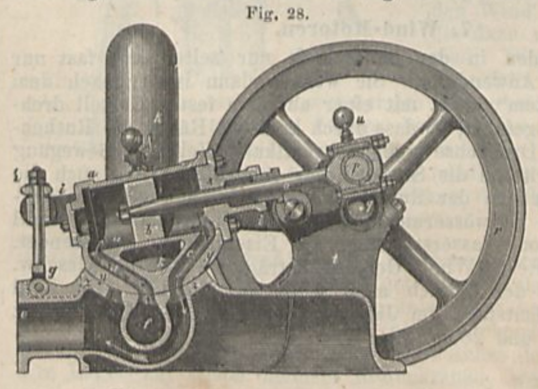
Anmerkung. In dieser Figur muss der Betriebs-Mechanismus der Steuerungswelle (Daumen, Räder etc.) als ausserhalb des Zylinders liegend gedacht werden.

durch die allmälige Wärme-Mittheilung die bewegende Kraft auf den Kolben ausgeübt. Beim 2. Rückgang des Kolbens — von (*c*) nach (*a*) — endlich werden durch das von der Steuer-Welle geöffnete Auslass-Ventil die Verbrennungs-Produkte zum grössten Theile hinaus gedrängt, so dass nur der konische Verdichtungs-Raum noch mit denselben gefüllt bleibt. Wird nun das neue Spiel durch den folgenden Vorwärtsgang des Kolbens — von (*a*) nach (*c*) — eingeleitet, so folgen zuerst die zurück gebliebenen Verbrennungs-Gase dem Kolben; alsdann tritt, wie vor, eine Quantität Luft und hierauf Gas in den Zylinder ein und, da die verschiedenen Gase sich nicht sofort mischen können, vielmehr in gewisser Art schichtenweise sich hinter einander lagern, so erklärt sich bei der folgenden Entzündung die langsame Verbrennung und allmälige Wärme-Abgabe, welche eine mehr drückende Wirkung (an Stelle der explosiven und stossweisen) ausübt, und somit einen ruhigen Gang der Maschine erzeugt. — Zur Bewegung des Schiebers und des Auslass-Ventils dient eine Steuer-Welle mit konischen Rädern, deren Uebers.-Verhältniss = 1 : 2 ist, wornach diese Welle mit der halben Tourenzahl der Kurbelwelle gedreht wird. Ein Schwung-Regulator hält das Gas-Einströmungs-Ventil im Rohre geschlossen, sobald die Geschwindigkeit der Schwungrad-Welle die normale Tourenzahl von 160—180 p. M. überschreitet. — Der Zylinder hat zur Kühlung eine Wasser-Ummantelung. — Diese neuen Maschinen werden in Stärken von ½ bis 8 Pfdkr. gebaut und haben sich schnell eingebürgert. —

6. Kleinere hydraulische Kraftmaschinen,

welche durch vorhandenes Druckwasser betrieben werden, hat man neuerdings vielfach zur Anwendung gebracht, wenn auch weniger bei Bau-Ausführungen, so doch häufig in öffentlichen und grösseren Privat-Gebäuden für hauswirthschaftliche Zwecke, zum Betriebe von Aufzügen, Ventilations-Vorrichtungen etc. Hat man eine Wasserleitung zur Verfügung, so sind solche Maschinen sehr bequem im Gebrauch da über die Kraft jederzeit zu disponiren ist. Eine besondere Bequemlichkeit liegt ferner darin, dass man durch Wasserleitungs-Röhren, viel leichter und einfacher als etwa durch Wellen-Leitungen, eine gewisse Kraft überall hin, um Ecken und in beliebigen Krümmungen übertragen kann. — Die Aufstellung dieser Art von Maschinen wird man, um das Gefälle möglichstauszunutzen, in den am tiefsten liegenden Räumen eines Gebäudes, einer Baugrube etc. vornehmen. Der ökonomische Effekt ist zwar wegen der indirekten Wirkung nicht sehr bedeutend, aber in Konkurrenz mit der sonst anzuwendenden, theuren Menschenkraft stellt sich die Anwendung dennoch meist als sehr vortheilhaft heraus.

Fig. 28.



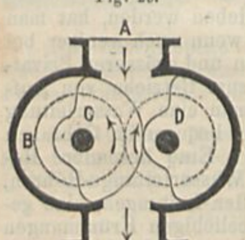
Die vorzüglichste dieser Maschinen ist der durch hohen Nutzeffekt ausgezeichnete sogen.:

1. Wassermotor von Schmid *), Diese Maschine ist, nach Fig. 28, eine oszillirende Wassersäulen-Maschine. Das Druckwasser wird abwechselnd vor und hinter den Kolben geführt, dessen hin- und hergehende Bewegung durch Kolbenstange und Kurbel einer Schwungrad-Welle mitgetheilt wird. Das Betriebswasser wird durch das Rohr *f* zugeführt und tritt, nach seiner Wirkung, durch das Abgangsrohr *e* aus, wozu die Steuerung durch die schwingende Bewegung des Zylinders selbst bewirkt wird. Der auf das Zuführungs - Rohr gesetzte Windkessel *R* dient zur Milderung der Stösse, welche bei schnellem Gange durch verfrühten Abschluss der Kanäle entstehen können. — Diese Maschinen werden von ¼ bis 1½ Pfdkr. für Druckhöhen zwischen 20 und 60^m gebaut und machen dabei bis zu 160 Umdreh. p. M. Der Wirkungsgrad ist sehr hoch (80—90 %); z. B. erfordert eine 1 pferd. Maschine für 30^m Druckhöhe, bei 0,09^m Zylinder-Durchm. und 0,135^m Hub, bei 100 Umdreh. p. M. etwa 12^{cbm} Wasser pr. Stunde. —

2. Hochdruck-Turbinen **), welche man ebenfalls angewendet hat, gestatten, die Maschine um nahezu die Wasserbarometer-Höhe (10,336^m) höher als das Abfluss-Niveau aufzustellen. Der Wirkungsgrad ist sehr gering wegen der winzigen Dimensionen und der ausserordentlich grossen Umdreh.-Zahl, welche die Räder bei dem hohen Gefälle und geringen Wasserquantum nothwendig erhalten. — Endlich kann man auch:

3. Kapselräder ***) als hydraulische Kraft-Maschinen anwenden; insbesondere dürfte sich die Repsold'sche Konstruktion, Fig. 29, wegen ihrer Einfachheit empfehlen. Das bei *A* eintretende Wasser drückt hierbei in solcher Weise auf die in dem Gehäuse *B* eingeschlossenen, eigenthümlich geformten Trommeln *C* und *D*, dass dieselben die durch die Pfeile angedeutete Drehung annehmen, wobei die beiden Achsen ausserhalb der Kapsel durch 2 gleiche Stirnräder in Verbindung gebracht sind. — Der gemeinsame Uebelstand dieser Maschinen-Gattung (die übrigens auch als Pumpen und Gebläse [Bd. III S. 528] dienen), besteht in der Schwierigkeit einer dauernden guten Dichtung. —

Fig. 29.



7. Wind-Motoren.

Windräder finden in der Bautechnik nur selten und fast nur zum Wasserheben Anwendung. Sie werden dann immer nach dem „holländischen System", d. h. mit einer auf dem festen Gestell drehbaren „Haube" ausgeführt, so dass durch konische Räder die Ruthen-Welle eine in der Drehachse stehende vertikale Welle in Bewegung setzt. Zuweilen tritt an die Stelle dieser vertikalen Welle auch die durch ein Exzenter von der Ruthen-Welle direkt bewegte Pumpenstange. Ausser zu Entwässerungen hat man Windräder auch wohl zur Versorgung von Wasserstationen an Eisenbahnen angewendet.

Die vortheilhafteste Wind - Geschw. beträgt 6—8^m; bei Geschw. $> 10^m < 3{,}5^m$ ist der Betrieb nicht mehr gut möglich. Die Zahl der möglichen Arbeitstage im Jahre variirt nach der Oertlichkeit etwa zwischen 200 und 280.

---

*) Der prakt. Maschinen-Konstrukteur, 1871. Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ingen. 1872.
**) Weisbach, Ingen.- u. Masch.-Mechanik. Th. II.
***) Reuleaux, Theoret. Kinematik, sowie eine betr. Abhandlung in den Verhandl. d. Ver. z. Beförderung des Gewerbfleisses. 1868.

Der vortheilhafteste Stosswinkel α einer Flügelsprosse gegen die Windrichtung ist gegeben durch den Ausdruck:

$tang\ \alpha = \frac{3v}{2c} + \sqrt{\left(\frac{3v}{2c}\right)^2 + 2}$, unter c die Wind-Geschw. und unter v die Umfangs-Geschw. der Sprosse verstanden. Nach den Coulombschen Versuchen betrug die Leistung: $L = 0{,}026\ F c^3$ (mkg), wenn F die Fläche sämmtlicher Flügel in qm bedeutet. Die vortheilhafteste Umdreh.-Zahl n der Flügel p. M. ist nach denselben Versuchen: $n = 1{,}92\ c$, was bei 12m langen Ruthen eine Geschw. der Flügel am äussersten Ende von etwa 2,5cm ergiebt.

Fig. 30.

1. Transportable Windmühle, Fig. 30. Dieselbe ist bequem zu Zwecken der Ent- oder Bewässerung, etwa zum Betrieb einer Wasserschnecke zu benutzen *). Die Ständer a tragen hier einen Kranz b, auf welchem die Haube c, in der die Ruthen-Welle d gelagert ist, mittels Walzen drehbar ist, während die Stützung durch einen Halsring y auf dem festen Querstege h geschieht. Die Bewegungs-Uebertragung von der Ruthen-Welle d auf die Betriebs-Welle k, mittels der zentral aufgestellten Königs-Welle m, durch konische Räder, ist aus der Figur ersichtlich, ebenso wie die Anordnung des Steuerflügels n, welcher die Ruthen stets in den Wind dreht. —

Fig. 31.

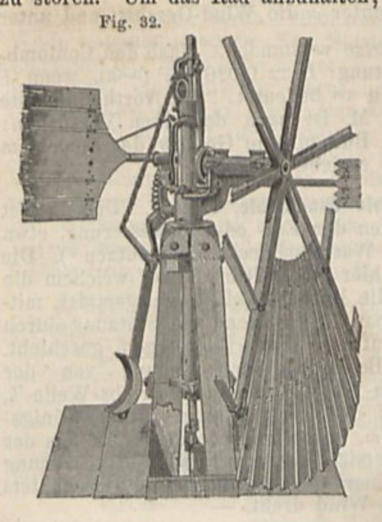
2. Die Kirchwegersche Windmühle **), Fig. 31 ist speziell für Wasserstationen eingerichtet. Die Stellung der Flügel geschieht automatisch derart, dass der Winddruck konstant bleibt, auch wenn die Wind-Geschw. veränderlich ist. Zu dem Behufe geht durch die hohle Ruthen-Welle eine Stange, welche durch ein Gewicht angezogen, mittels eines Sterns die Flügel vor den Wind zu drehen strebt, die dazu um Achsen drehbar sind. Die vertikale Welle ist gleichfalls hohl und eine, mit einem Schwimmer des Wasserbehälters in Verbindung stehende Stange bewirkt bei ihrem Hochgehen, mittels zweier Hebel und der Verschiebung einer Stange nach aussen (wodurch die Flügel in den Wind gedreht werden), dass die Wirkung des Rades zeitweilig ermässigt oder ganz aufgehoben wird. —

3. Halladay's Windrad ***), Fig. 32. Anstatt der einzelnen Flügel ist hier eine aus 6 bis 10 Sektoren gebildete Kreisfläche von 2,5—9m Durchm. aus schräg, nach Art von Jalousie-Stäben, gestellten Brettchen gebildet; durch einen nach hinten stehenden Flügel stellt das Rad sich selbstthätig in den Wind. Die Achse des Rades findet hier ihre Lager auf einem kleinem Rollenkranze, welcher die Drehung

*) Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre. Bd. 1.
**) Zeitschr. d. Hann. Arch.- u. Ing.-Ver. 1862.
***) Perels, Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia.

gestattet, ohne die Bewegung der an einer Kurbel hängenden, unten gleichfalls drehbar an die Pumpenstange angeschlossensn Schubstange zu stören. Um das Rad anzuhalten, werden die Sektoren um in der Ebene des Rades liegende Achsen gedreht, welche, durch die Schwerpunkte der Sektoren gehend, in den Seiten eines Polygons liegen und es kann jene Stellung von unten durch Zugleine mittels eines geeigneten Hebel-Systems leicht hergestellt werden. Verstellbare Gewichte an diesen Hebeln bewirken bei einer zu grossen Geschwindigkeit des Rades durch ihre Zentrifugalkraft eine selbstthätige Regulirung der Flügelstellung, wie ebenso durch einen Schwimmer-Mechanismus in dem Wasserbehälter ein automatisches Ausrücken eintritt, sobald das Bassin ganz gefüllt ist. — Die Stärke dieser Räder wird bei mittlerer Wind-Geschw. zu $\frac{1}{4}$ Pfdkr. bei 2,44^{m} Rad-Durchm. und zu 1$\frac{1}{2}$—2 Pfdkr. bei 4,25^{m} Durchm. angegeben auf Grund der Zahlen-Resultate einer empirischen Formel, welche lautet: $N = 0{,}0004\,Fv^3$, in welcher F die wirksame Flügelfläche (ca. $\frac{3}{4}$ der Gesammtfläche des Rades in der Vorder-Ansicht) und v die Wind-Geschwindigkeit bezeichnet. Auch dieses Rad hat auf Wasser-Stationen Anwendung gefunden; ein Vorzug desselben ist die Leichtigkeit mit der die Aufstellung zu bewirken ist. —

Fig. 32.



3. Arbeits-Maschinen.

1. Die Hebe-Vorrichtungen*).

Allgemeine Theorie.

Dieselbe hat die Bestimmung des Verhältnisses von Kraft zu Last zum vornehmsten Gegenstande. Aus den an den einzelnen Stellen auftretenden Kräften bestimmen sich die Dimensionen der betr. Theile nach bekannten Festigkeits-Regeln. Wenn keine schädlichen Widerstände (Reibung etc.) vorhanden wären, oder wenn man dieselben vernachlässigen will, findet man in jedem Falle am einfachsten das Verhältniss der Kraft P_0 zur Last Q nach dem „Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten", indem man die Arbeit der Kraft in bestimmter Zeit der Arbeit der Last in derselben Zeit gleich setzt. Ist n das Umsetzungs-Verhältniss der betr. Geschw. d. h. ist für eine beliebige Zeit:

$$n = \frac{\text{Weg des Kraftangriffs}}{\text{Weg des Lastangriffs}} = \frac{w_1}{w_2},$$

so hat man stets $P_0\,w_1 = Q\,w_2$ oder $P_0 = \frac{Q}{n}$. Diese Bestimmung der zur Ueberwindung einer Last Q erforderlichen idealen Kraft P_0 ist nur für rohe Ueberschläge oder etwa für Vergleichungen genügend, in Wirklichkeit ist die erforderliche Kraft P stets grösser als die theoretische Kraft P_0. Man nennt das Verhältniss:

$$\frac{P_0}{P} = \frac{\text{Theoretische Kraft}}{\text{Wirkliche Kraft}} = \eta$$

den Wirkungsgrad oder Nutzeffekt der Maschine. Kennt man den Wirkungs-

*) Weisbach, Ingen. u. Masch. Mechanik. Th. II. Ruhlmann, Allgem. Maschinenlehre. Th. IV. Einzelne Aufsätze in fast allen technischen Journalen.

grad η, so hat man, da P_0 aus dem geometrischen Zusammenhange derselben sich jederzeit leicht zu $P_0 = \frac{Q}{n}$ bestimmt, auch $P = \frac{P_0}{\eta} = \frac{Q}{n\,\eta}$.

Die Widerstände der verschiedenen Maschinen sind von deren Zusammensetzung abhängig; ihre Bestimmung und daher auch die Ermittelung von η muss in jedem einzelnen Falle besonders vorgenommen werden. Die gewöhnlich beliebte direkte Bestimmung der Widerstände in jedem einzelnen Falle führt bei zusammen gesetzten Maschinen zu weitläufigen und ermüdenden Rechnungen, wogegen die im Folgenden angewandte Methode das Verfahren auf die Anwendung weniger Grundregeln vereinfacht.

Alle gebräuchlichen Hebe-Maschinen, so komplizirt sie auch sein mögen, bestehen aus einzelnen einfachen Maschinen-Getrieben, deren Anzahl eine sehr beschränkte ist. Kennt man den Wirkungsgrad der elementaren Getriebe $\eta_1, \eta_2, \eta_3 \ldots$, welche eine Maschine zusammen setzen, so ist ohne weiteres der Wirkungsgrad η der ganzen Maschine durch das Produkt $\eta = \eta_1\, \eta_2\, \eta_3 \ldots$ mit einer für die Praxis vollkommen genügenden Genauigkeit, d. h. mit derselben Genauigkeit zu erlangen, welche bei der gewöhnlichen, unmittelbaren Bestimmung nur erreichbar ist.

Die Richtigkeit dieser Behauptung ergiebt sich wie folgt: Hat das erste Getriebe, welches als Element der Maschine auftritt und an welchem die Last Q wirkt, einen Wirkungsgrad η_1 und ein Umsetzungs-Verhältniss n_1, so ist vermöge desselben allein die Kraft $P_1 = \frac{Q}{n_1\,\eta_1}$ zur Hebung von Q erforderlich. Diese Kraft P_1 muss für das darauf folgende elementare Getriebe als die zu überwindende Nutzlast angesehen werden, zu deren Förderung, mittels des 2. Elements vom Wirkungsgrade η_2 und dem Umsetzungs-Verhältniss n_2, eine neue Kraft $P_2 = \frac{P_1}{n_2\,\eta_2} = \frac{Q}{n_1\,n_2\,\eta_1\,\eta_2}$ erforderlich ist. In gleicher Art schliesst man weiter: $\frac{Q}{n\,\eta} = P = \frac{Q}{n\,\eta_1\,\eta_2\,\eta_3} \ldots$, daher: $\eta = \eta_1\,\eta_2\,\eta_3 \ldots$

Die Methode ist von der bisher gebräuchlichen, in jedem einzelnen Falle alle Widerstände von Anfang bis Ende zu bestimmen, im Prinzip nicht verschieden und giebt auch alle die Resultate wie jene. Z. B. hat man in den an den einzelnen Getrieben auftretenden Kräften $P_1\, P_2 \ldots$ sofort die für die Bestimmung der Dimensionen etc. erforderlichen Daten. —

Der Wirkungsgrad eines gewissen der hier gedachten elementaren Getriebe, aus denen sich die Hebe-Maschinen im allgemeinen zusammen setzen, ist zwar mit den Dimensionen veränderlich. Die folgenden Angaben werden aber zeigen, dass die Veränderlichkeit bei den korrekten Konstruktionen nur sehr unbedeutend ist und dass man in der weitaus überwiegenden Anzahl der praktischen Fälle gewisse Mittelwerthe annehmen darf. Diese Mittelwerthe der Koeffizienten des Nutzeffekts sind im Folgenden für die einzelnen Getriebe ermittelt und sind auch die allgemeinen Formeln angegeben, um in einzelnen Fällen, etwa bei ungewöhnlichen Dimensionen, eine schärfere Bestimmung des Wirkungsgrades vornehmen zu können. Die Resultate zeigen übrigens, dass dies nur in sehr seltenen Fällen nöthig sein wird, da die Schwankungen fast durchgängig so gering sind, dass sie immer noch zwischen denjenigen Grenzen der Genauigkeit bleiben, innerhalb deren die Bestimmung der schädlichen Widerstände nach unserer derzeitigen Kenntniss derselben überhaupt geschehen kann. —

Als elementare Getriebe sind folgende 10 am gebräuchlichsten: 1) der Hebel, 2) die Leitrolle, 3) die lose Rolle, 4) der Flaschenzug, 5) der Differential-Flaschenzug, 6) die Winde-Trommel, 7) das Riemen-Vorgelege, 8) das Zahnrad-Getriebe, 9) die Schraube und 10) der Presskolben (hydraulische). Im Folgenden bezeichnet: Q die zu hebende Last, P_0 die theoretische Kraft, P die wirklich auszuübende Kraft (mit Berücksichtigung der schädlichen Widerstände), μ den Koeffizienten der gleitenden Reibung, μ_1 den Koeffizienten der Zapfenreibung (im Durchschnitt 0,08), $\eta = \frac{P_0}{P}$ den Wirkungsgrad für den Vorwärtsgang (zu hebende Last), $(\eta) = \frac{(P)}{P_0}$ den Wirkungsgrad für den Rückwärtsgang (sinkende Last), worin unter (P) diejenige Kraft verstanden ist, welche wegen der schädlichen Widerstände von der sinkenden Last Q nur ausgeübt werden kann. Die Werthe von η und (η) haben einen den einzelnen Getrieben entsprechenden Index erhalten, z. B. $\eta_h, \eta_z, \eta_s \ldots$ für den Hebel, das Zahnrad-Getriebe, die Schraube etc.

1) **Der Hebel** (Hebelade), Fig. 33.

$$P_0 = Q\,\frac{r}{R}; \quad P = Q\,\frac{r + \mu_1\,(\varrho + \mathfrak{r})}{R - \mu_1\,\varrho} = \frac{1}{\eta_h}\,Q\,\frac{r}{R}; \quad \eta_h = \frac{1 - \mu_1\,\frac{\varrho}{R}}{1 + \mu_1\,\frac{\varrho + \mathfrak{r}}{r}}$$

$$(P) = Q\,\frac{r - \mu_1\,(\varrho + \mathfrak{r})}{R + \mu_1\,\varrho} = (\eta_h)\,Q\,\frac{r}{R}; \quad (\eta_h) = \frac{1 - \mu_1\,\frac{\varrho + \mathfrak{r}}{r}}{1 + \mu_1\,\frac{\varrho}{R}}$$

Für ein grosses Hebel-Verhältniss $\frac{R}{r}$ (Hebeladen) kann man im ungünstigsten Falle (sehr dicke Zapfen) $\varrho + \mathfrak{r} = \frac{r}{2}$ annehmen. Bei nahezu gleichen Hebelarmen (Balanziers, Kunstkreuzen) ist $\varrho + \mathfrak{r}$ höchstens gleich $\frac{1}{8}$; diesen Werthen entsprechend ergiebt sich für $\mu_1 = 0{,}08$ folgende Tabelle:

Fig. 33.

	Kunstkreuze $\varrho + \mathfrak{r} = \frac{r}{8}$		Hebeladen $\varrho + \mathfrak{r} = \frac{r}{2}$			
$\frac{r}{R} =$	1	0,5	0,25	0,20	0,125	0,10
$\eta_h =$	0,985	0,989	0,956	0,957	0,959	0,960
$(\eta_h) =$	0,985	0,988	0,954	0,955	0,957	0,958

Man darf daher im Durchschn. annehmen:

$\eta_h = (\eta_h) = 0{,}98$ für Kunstkreuze und Balanziers,

$\eta_h = (\eta_h) = 0{,}96$ für Hebeladen. —

2) **Die Leitrolle** (feste Rolle), Fig. 34. Bezeichnet α den umspannten Bogen und σ den Steifigkeits-Koeffizienten des Seils oder der Kette, so hat man:

Fig. 34.

$$P_0 = Q; \quad P = Q\,\frac{1 + \sigma + \mu_1 \frac{\varrho}{r} \sin\frac{\alpha}{2}}{1 - \sigma - \mu_1 \frac{\varrho}{r} \sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{1}{\eta_l}\,Q$$

$$(P) = Q\,\frac{1 - \sigma - \mu_1 \frac{\varrho}{r} \sin\frac{\alpha}{2}}{1 + \sigma + \mu_1 \frac{\varrho}{r} \sin\frac{\alpha}{2}} = (\eta_l)\,Q; \quad \eta_l = (\eta_l) = \frac{1 - \sigma - \mu_1 \frac{\varrho}{r} \sin\frac{\alpha}{2}}{1 + \sigma + \mu_1 \frac{\varrho}{r} \sin\frac{\alpha}{2}}$$

Ist d die Seilstärke, so pflegt man zu machen: $r = 4\,d$; $\varrho = 0{,}5\,d$; daher $\frac{\varrho}{r} = \frac{1}{8}$; die Steifigkeit ist (nach Eytelwein):

$$\sigma = 0{,}018\,\frac{d^2}{2\,r}, \text{ also hier } \sigma = 0{,}00225\,d.$$

Ist ferner d die Stärke des Ketteneisens, so macht man gewöhnlich $r = 10\,d$; $\varrho = 1{,}5\,d$; daher $\frac{\varrho}{r} = 0{,}15$.

Der Steifigkeits-Widerstand ist $\sigma = \mu\frac{d}{2\,r}$, wenn μ den Reibungs-Koeffizienten der Kettenglieder (trocken $\mu = 0{,}2$) bedeutet. Bei obigen Verhältnissen hat man daher $\sigma = 0{,}2\,\frac{d}{2.\ 10\,d} = 0{,}01$ für alle Kettenstärken. Für diese Verhältnisse gilt folgende Tabelle:

Seilstärke $d =$	10 mm	20 mm	30 mm	40 mm	50 mm	Kette
$\alpha = 180^\circ; \eta_l = (\eta_l) =$	0,937	0,896	0,856	0,819	0,782	0,957
$\alpha = 90^\circ; \eta_l = (\eta_l) =$	0,942	0,904	0,862	0,824	0,787	0,964
$\alpha = 45^\circ; \eta_l = (\eta_l) =$	0,948	0,915	0,870	0,829	0,792	0,972

Fig. 35.

3) **Die lose Rolle** (Hubrolle), Fig. 35. Hier ist:

$$P_0 = \frac{Q}{2}; \quad P = \frac{Q}{2}\,\frac{1 + \frac{\sigma}{2} + \mu_1 \frac{\varrho}{r}}{1 - \frac{\sigma}{2}} = \frac{1}{\eta_r}\,\frac{Q}{2}; \quad \eta_r = \frac{1 - \frac{\varrho}{2}}{1 + \frac{\sigma}{2} + \mu_1 \frac{\varrho}{r}}$$

$$(P) = \frac{Q}{2} \frac{1 - \frac{\sigma}{2} - \mu_1 \frac{\varrho}{r}}{1 + \frac{\sigma}{2}} = (\eta_r) \frac{Q}{2}; \quad (\eta_r) = \frac{1 - \frac{\sigma}{2} - \mu_1 \frac{\varrho}{r}}{1 + \frac{\sigma}{2}}$$

Unter den vorherigen Annahmen $\frac{\varrho}{r} = \frac{1}{8}$ und $\sigma = 0{,}00225\,d$ bei Seilen, sowie $\frac{\varrho}{r} =$ 0,15 und $\sigma = 0{,}01$ bei Ketten ist folgende Tabelle ermittelt worden:

Seilstärke d =	10 mm	20 mm	30 mm	40 mm	50 mm	Kette
η_r =	0,968	0,948	0,928	0,909	0,891	0,979
(η_r) =	0,968	0,945	0,923	0,900	0,878	0,978

Fig. 36.



4) **Der Flaschenzug**, Fig. 36. Wenn in beiden Flaschen zusammen n Rollen vorhanden sind und man den Werth $\frac{1 + \sigma + \mu_1 \frac{\varrho}{r}}{1 - \sigma - \mu_1 \frac{\varrho}{r}}$ mit u bezeichnet, so hat man:

$$P_0 = \frac{Q}{n}; \quad P = Q \frac{u-1}{u^n - 1} u^n = \frac{1}{\eta_f} \frac{Q}{n}; \quad \eta_f = \frac{u^n - 1}{n(u-1)\,u^n}$$

$$(P) = Q \frac{u-1}{u\,(u^n - 1)} = (\eta_f) \frac{Q}{n}; \quad (\eta_f) = \frac{n\,(u-1)}{u\,(u^n - 1)}.$$

Für die obigen Werthe: $\sigma = 0{,}00225\,d$ und $\frac{\varrho}{r} = \frac{1}{8}$ für Hanfseile und $\sigma = 0{,}01$ und $\frac{\varrho}{r} = 0{,}15$ für Ketten: findet man die folgende Tabelle:

Seilstärke in mm =		10	20	30	40	50	Kette
2 Rollen	η_f	0,91	0,85	0,80	0,75	0,70	0,93
	(η_f)	0,90	0,85	0,79	0,74	0,69	0,94
3 Rollen	η_f	0,88	0,81	0,74	0,68	0,62	0,91
	(η_f)	0,88	0,80	0,73	0,67	0,60	0,92
4 Rollen	η_f	0,84	0,77	0,69	0,62	0,56	0,89
	(η_f)	0,84	0,76	0,67	0,59	0,52	0,90
5 Rollen	η_f	0,83	0,73	0,64	0,57	0,51	0,87
	(η_f)	0,82	0,71	0,62	0,53	0,45	0,88
6 Rollen	η_f	0,80	0,69	0,60	0,52	0,46	0,85
	(η_f)	0,79	0,66	0,56	0,47	0,40	0,86

Man erkennt aus (2) bis (4), wie ungünstig die Anwendung der Seile überhaupt, besonders der stärkeren, im Vergleich zu Ketten ist. —

Fig. 37.



5) **Der Differential-Flaschenzug**, Fig. 37. Setzt man $\frac{r}{R} = n$ und bezeichnet die beiden, nur wenig verschiedenen Werthe:

$$\frac{1 + \sigma + \mu_1 \frac{\varrho}{r}}{1 - \sigma - \mu_1 \frac{\varrho}{r}} \text{ und } \frac{1 + \sigma + \mu_1 \frac{\varrho}{R}}{1 - \sigma - \mu_1 \frac{\varrho}{R}} \text{ mit } u, \text{ so ist:}$$

$$P_0 = Q \frac{R - r}{2R} = Q \frac{1-n}{2}; \quad P = Q \frac{u^2 - n}{1 + u}; \quad \eta_d = \frac{1-n}{2} \frac{1+u}{u^2 - n}$$

$$(P) = Q \frac{1 - n u^2}{u^2 + u}; \quad (\eta_d) = \frac{2}{1-n} \frac{1 - n u^2}{u^2 + u}.$$

Das Verhältniss $n = \frac{r}{R}$ ist bei diesen Flaschenzügen meist nur wenig

kleiner als 1 (häufig $\frac{18}{20}$ oder $\frac{28}{30}$). Die Kettenreibung σ ist wegen Kerbung der Rollen grösser, als bei glatten Rollen und bestimmt sich besser nach der Formel für Zahnreibung (s. Th. I. S. 198): $\sigma = \mu\pi\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n}\right)$, worin $\mu\pi = 0{,}35$, n die Zähnezahl der Kette $= \infty$ und m die Zähnezahl der Rolle im Durchschn. $= 20$ zu nehmen ist. Dafür erhält man:

$$\sigma = \frac{0{,}35}{20} = 0{,}0175 \text{ und } u = \frac{1 + 0{,}0175 + 0{,}08 \,.\, 0{,}15}{1 - 0{,}0175 - 0{,}08 \,.\, 0{,}15} = 1{,}06.$$

Diesen Werthen entsprechen die Zahlen der Tabelle:

$n = \frac{r}{R} =$	0,75	0,80	0,85	0,90	0,933
$\eta_d =$	0,69	0,63	0,56	0,46	0,38
$(\eta_d) =$	0,57	0,46	0,27	−0,11	−0,67

Die negativen Werthe von (η_d) deuten auf selbstthätige Sperrung. Die Grenze der Selbst-Sperrung ist erreicht, wenn $(\eta_d) = 0$, d. h. wenn $n = \frac{1}{u^2}$ oder für $u = 1{,}06$, wenn $n = 0{,}889$ ist. —

6) **Die Windetrommel** (Haspel), Fig. 38. Hier ist:

Fig. 38.

$$P_0 = Q\frac{r}{R};\quad P = Q\frac{r}{R}\,\frac{1 + \sigma + \mu_1\frac{\varrho}{r}}{1 - \mu_1\frac{\varrho}{R}} = \frac{1}{\eta_t}Q\frac{r}{R};\quad \eta_t = \frac{1 - \mu_1\frac{\varrho}{R}}{1 + \sigma + \mu_1\frac{\varrho}{r}}$$

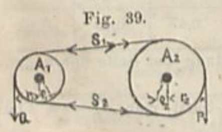
$$(P) = Q\frac{r}{R}\,\frac{1 - \sigma - \mu\frac{\varrho}{r}}{1 + \mu_1\frac{\varrho}{R}} = (\eta_t)\,Q\frac{r}{R};\quad (\eta_t) = \frac{1 - \sigma - \mu_1\frac{\varrho}{r}}{1 + \mu_1\frac{\varrho}{R}}$$

Der Zapfen-Halbmesser kann, wenn er auf Torsion beansprucht wird, also im ungünstigsten Falle, zu $0{,}75\,d$ bei Seil-Trommeln und zu $2\,d$ bei Ketten-Trommeln angenommen werden; also ist für beide Fälle $\frac{\varrho}{r} = 0{,}2$ zu setzen. Das Verhältniss $\frac{r}{R}$, welches auf η von nur sehr geringem Einfluss ist, variirt bei Winden etwa zwischen $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{8}$; die folgende Tabelle entspricht einem Mittelwerthe von $\frac{r}{R} = \frac{1}{4}$.

Seilstärke in Millimetern	10	20	30	40	50	Kette
η_t	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,97
(η_t)	0,96	0,93	0,91	0,89	0,87	0,97

7) **Das Riemen-Vorgelege**, Fig. 39. Zur Ueberwindung einer Last Q an der Scheibe A_1 wäre ohne Widerstände an der Scheibe A_2 eine Kraft $P_0 = Q$ erforderlich.

Fig. 39.



Die Widerstände bestehen hier hauptsächlich aus den durch die Spannungen S_1 und S_2 erzeugten Zapfenreibungen, da die Steifigkeit des Riemens dagegen ganz unerheblich ist. Nimmt man die umspannten Bögen gleich den halben Peripherien und den Reibungs-Koeffizienten des Riemens auf eisernen Scheiben $\mu = 0{,}28$, so ist $S_1 + S_2 = Q\,\frac{e^{\mu\alpha} + 1}{e^{\mu\alpha} - 1} = 2{,}4\,Q$.

Daher folgt: $P = Q.1 + \mu_1\, 2{,}4\,Q\left(\frac{\varrho_1}{r_1} + \frac{\varrho_2}{r_2}\right) = Q\left(1 + 0{,}38\frac{\varrho}{r}\right)$, wenn $\frac{\varrho}{r} = \frac{1}{2}\left(\frac{\varrho_1}{r_1} + \frac{\varrho_2}{r_2}\right)$ gesetzt wird, und man hat den Wirkungsgrad für beide Bewegungs-Richtungen:

$\eta_{ri} = (\eta_{ri}) = \frac{1}{1 + 0{,}38\frac{\varrho}{r}}$, wonach folgende Werthe sich ergeben:

$\frac{\varrho}{r} = \frac{1}{2}\left(\frac{\varrho_1}{r^1} + \frac{\varrho_2}{r^2}\right) =$	0,3	0,2	0,1	0,05
η_{ri}	0,90	0,93	0,96	0,98

Für die gewöhnlichen Fälle wird man daher 95—96 % annehmen dürfen. —

8) **Das Zahnrad-Getriebe** (Vorgelege), Fig. 40. Bezeichnen N und n die Zähnezahlen und z den Koeffizienten der Zahnreibung:

Fig. 40.

$$z = \pi\,\mu\left(\frac{1}{N}+\frac{1}{n}\right) = 0{,}35\left(\frac{1}{N}+\frac{1}{n}\right),\ \text{so ist:}$$

$$P_0 = Q\frac{r}{R};\quad P = Q\frac{r}{R}\,\frac{1+z+\mu_1\frac{\varrho}{r}}{1-\mu_1\frac{\varrho}{R}} = \frac{1}{\eta_z}\,Q\frac{r}{R};\quad \eta_z = \frac{1-\mu_1\frac{\varrho}{R}}{1+z+\mu_1\frac{\varrho}{r}}$$

$$(P) = Q\frac{r}{R}\,\frac{1-z-\mu_1\frac{\varrho}{r}}{1+\mu_1\frac{\varrho}{R}} = (\eta_z)\,Q\frac{r}{R};\quad (\eta_z) = \frac{1-z-\mu_1\frac{\varrho}{r}}{1+\mu_1\frac{\varrho}{R}}$$

Die Zähnezahl n des Getriebes beträgt gewöhnlich nicht unter 7, selten über 20; das Verhältniss $\frac{R}{r} = \frac{N}{n}$ schwankt bei Hebe-Vorrichtungen zwischen 3 und 8. Das Maximum von z folgt daher bei $n = 7$, $\frac{N}{n} = 3$ zu $z = 0{,}35\left(\frac{1}{7}+\frac{1}{21}\right) = 0{,}067$, das Minimum bei $n = 20$, $\frac{N}{n} = 8$ zu $z = 0{,}35\left(\frac{1}{20}+\frac{1}{180}\right) = 0{,}02$.

Für ein 7zähniges Zahnstangen-Getriebe ($N = \infty$) ist $z = 0{,}35\,\frac{1}{7} = 0{,}05$.

Aus konstruktiven Gründen ist ferner: $\frac{\varrho}{r} = 0{,}25$ bis $0{,}4$, daher hat man für: $\frac{\varrho}{r} = 0{,}4$ und $\frac{R}{r} = 3$; $\frac{\varrho}{R} = 0{,}13$ und für $\frac{\varrho}{r} = 0{,}25$ und $\frac{R}{r} = 8$; $\frac{\varrho}{R} = 0{,}03$.

Hiernach ergiebt sich die Tabelle:

Umsetzungsverhältniss		Getriebe 7 Zähne $\frac{\varrho}{r} = 0{,}4$.	Getriebe 20 Zähne $\frac{\varrho}{r} = 0{,}4$.	Zahnstange $\frac{\varrho}{r} = 0{,}4$; $n = 7$.
$\frac{R}{r} = 3$;	η_z	0,90	0,95	0,915
	(η_z)	0,89	0,947	0,914
$\frac{R}{r} = 8$;	η_z	0,924	0,96	0,920
	(η_z)	0,917	0,956	0,917

Man erkennt hieraus die geringe Verschiedenheit des Wirkungsgrads bei Zahnrad-Getrieben und darf im Durchschnitt bei Winde-Vorgelegen, wo n im allgemeinen zwischen 7 und 20 gelegen ist, $\eta_z = 0{,}92$ annehmen. —

Fig. 41.

9) **Die Schraube**, Fig. 41. Es sei h die Ganghöhe und r der mittlere Halbmesser der Gewinde, $\mathfrak{r}$ der Halbmesser des Halszapfens und ϱ der Reibungs-Halbmesser des Spurzapfens (gleich $\frac{2}{3}$ vom Halbm. der kreisförmigen Stützfläche oder $\frac{2}{3}\,\frac{\varrho_1^3-\varrho_2^3}{\varrho_1^2-\varrho_2}$ bei einer ringförmigen Stützfläche von den Radien ϱ_1 und ϱ_2); ferner sei $n = \frac{h}{2r\pi}$ das Steigungs-Verhältniss und $\mu = 0{,}1$ der Koeffizient der gleitenden Reibung in den Gewinden, so ist:

$$P_0 = n\,Q\frac{r}{R};\quad P = Q\frac{r}{R}\,\frac{n+\mu+\mu_1\frac{\varrho}{r}}{1-\mu n-\mu_1\frac{\mathfrak{r}}{R}};\quad \eta_s = n\,\frac{1-\mu n-\mu_1\frac{\mathfrak{r}}{R}}{n+\mu+\mu_1\frac{\varrho}{r}}.$$

$$(P) = Q\frac{r}{R}\,\frac{n-\mu-\mu_1\frac{\varrho}{r}}{1+\mu n+\mu_1\frac{\mathfrak{r}}{R}};\quad (\eta_s) = \frac{1}{n}\,\frac{n-\mu-\mu_1\frac{\varrho}{r}}{1+\mu n+\mu_1\frac{\mathfrak{r}}{R}}.$$

Bei den Schrauben für Hebe-Vorrichtungen liegt das Steigungs-Verhältniss n gewöhnlich zwischen $\frac{1}{20}$ und $\frac{1}{12}$. Es fällt der Wirkungsgrad verschieden aus, je nachdem die Schrauben-Spindel oder die Schrauben-Mutter gedreht wird, da im letzteren Falle die Reibungs-Halbmesser ϱ und $\mathfrak{r}$ grösser sind als im ersteren. Als passende

Durchschnittswerthe kann man annehmen: bei drehbarer Spindel $\frac{\varrho}{r} = 0,5$ und $\mathfrak{r} = r$; bei drehbarer Mutter $\frac{\varrho}{r} = 1,5$ und $\mathfrak{r} = 2r$. In der folgenden Tabelle ist ferner das Verhältniss $\frac{r}{R} = \frac{1}{5}$ bei drehbarer Spindel und $\frac{r}{R} = \frac{1}{2}$ bei drehbarer Mutter zu Grunde gelegt, wobei übrigens zu bemerken, dass dieses Verhältniss von kaum nennenswerthem Einflusse auf η_s ist.

Steigungsverhältniss $\frac{h}{2r\pi} =$		0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,125
Drehbare Spindel	η_s	0,218	0,258	0,294	0,326	0,352	0,405	0,457
$\frac{\varrho}{r} = 0,5;\ \mathfrak{r} = r;\ \frac{\mathfrak{r}}{R} = \frac{1}{5}$	(η_s)	−2,45	−1,77	−1,31	−0,975	−0,730	−0,390	−0,117
Drehbare Mutter	η_s	0,148	0,178	0,205	0,230	0,257	0,296	0,342
$\frac{\varrho}{r} = 1,5;\ \mathfrak{r} = 2r;\ \frac{\mathfrak{r}}{R} = \frac{1}{2}$	(η_s)	−4,29	−3,26	−2,56	−2,05	−1,67	−1,14	−0,724

Die Tabelle zeigt den geringen Nutzeffekt des Schrauben-Getriebes und dass derselbe bei der drehbaren Mutter nur etwa $\frac{3}{4}$ so gross ist wie bei drehbarer Spindel ist, daher ist letztere Anordnung, wenn möglich, immer zu wählen. Die Werthe von η_s und (η_s) der drehbaren Spindel gelten auch ohne weiteres für die Schraube ohne Ende, d. h. wenn die Mutter die Form eines Schneckenrades annimmt. Die negativen Werthe von (η_s) deuten auf die Selbst-Sperrung der in der Tabelle enthaltenen Schrauben hin. Die Grenze der selbstthätigen Sperrung ergiebt sich aus $(\eta_s) = 0$, d. h. aus $n = \mu + \mu_1 \frac{\varrho}{r}$ und liegt unter oben angenommenen Verhältnissen für die drehbare Spindel bei $n = 0,14 =$ ca. $\frac{1}{7}$, entsprechend einem mittleren Neigungswinkel von etwa 8° und für die drehbare Mutter bei $n = 0,22 =$ ca. $\frac{2}{9}$, entsprechend einer Neigung von ca. $12\frac{1}{2}$°. —

Fig. 42.

10) **Der hydraulische Presskolben**, Fig. 42. Ist d der Durchmesser des Kolbens und b die Breite der Dichtungsflanschen der Leder-Manschette, so hat man:

$$P_0 = Q;\ P = \frac{Q}{1 - \frac{4\mu b}{d}};\ \eta_k = 1 - \frac{4\mu b}{d};\ (P) = \frac{Q}{1 + \frac{4\mu b}{d}};\ (\eta_k) = \frac{1}{1 + \frac{4\mu b}{d}}$$

Nimmt man den Reibungs-Koeffizienten der Leder-Manschette $\mu = 0,25$ und die Breite des Stulps $b = 0,1\,d + 0,005^{\text{m}}$, so ergiebt sich folgende Tabelle:

Kolben-Durchmesser	$d =$	0,100 m	0,20 m	0,30 m	0,50 m	1,0 m
	η_k	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90
	(η_k)	0,86	0,88	0,89	0,90	0,90

es liegt also der Wirkungsgrad zwischen 85 und 90%. —

Selbstsperrung. Ein negativer Werth von (η) zeigt an, dass die Winde-Vorrichtung die Eigenschaft selbstthätiger Sperrung beim Loslassen besitzt; dies ist u. a. der Fall bei dem Differential-Flaschenzug und der Schraube. Da nun (η) sich bei zusammen gesetzten Winde-Vorrichtungen durch $(\eta) = (\eta_1)\,(\eta_2)\,(\eta_3)\ldots$ ausdrückt, so kann (η) nur negativ werden, wenn wenigstens einer der Faktoren $(\eta_1)\,(\eta_2)\ldots$ es ist, daher das Gesetz:

Eine Hebe-Vorrichtung kann nur dann selbst-sperrend sein, wenn wenigstens eins ihrer Elementar-Getriebe es ist. —

Bremsung. Wenn (η) einen positiven Werth hat, so muss man der Last Q einen Widerstand (P) entgegen setzen, wenn man ihr Sinken verhindern oder gleichmässig machen will. Die Grösse dieses Brems-Widerstandes, welcher im allgem. von der Stelle abhängig ist, wo derselbe in die Maschine eintritt, bestimmt sich in jedem

Falle folgendermassen. Betrachtet man die Gesammtheit aller zwischen dem Angriffspunkte der Last Q und demjenigen des Brems-Widerstandes W enthaltenen Maschinen-Organe als eine besondere Maschine, für welche wieder n das Verhältniss der gleichzeitigen Wege dieser Punkte ist:

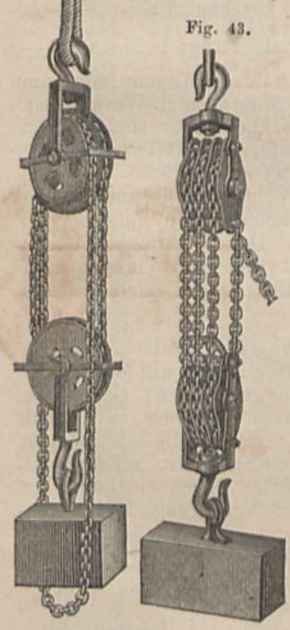
$$n = \frac{\text{Weg des Angriffs der Bremskraft } W}{\text{Weg des Angriffs der Last } Q}$$

und η den Wirkungsgrad für den Rückgang bedeutet, so erhält man den Brems-Widerstand:

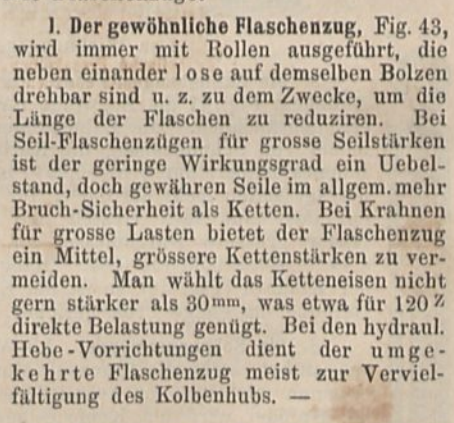
$$W = (P) = (\eta)\,\frac{Q}{n}.$$

Die Dimensionen der einzelnen Maschinen-Organe bestimmen sich aus den Kräften P, welche in oben angegebener Weise mit Hülfe des Wirkungsgrades für jedes elementare Getriebe sich ergeben. Denn es ist ganz allgemein für jeden beliebigen Punkt der Maschine die daselbst auftretende Kraft P durch $P = \frac{Q}{n\eta}$ gegeben, wenn n und η ihre bekannte Bedeutung für diejenige Maschinen-Anordnung haben, welche zwischen dem Last-Angriffe und dem betr. Punkte enthalten ist. Zur Bestimmung der Dimensionen dienen die bekannten Regeln der Festigkeit. Für die bei Hebe-Vorrichtungen am häufigsten vorkommenden Organe ergeben sich die Dimensionen aus folgenden Formeln:

a. Hanfseile erhalten eine Stärke $d^{mm} = 1{,}2\,\sqrt{P^{kg}}$.
b. Ketten eine solche $\delta^{mm} = 0{,}326\,\sqrt{P^{kg}}$.
c. Radzähnen giebt man bei den üblichen Verhältnissen*) eine Theilung:
d. $t^{mm} = 1{,}23\,\sqrt{P^{kg}}$ bei Gusseisen, $t^{mm} = 0{,}87\,\sqrt{P^{kg}}$ bei Schmiedeisen.
e. Zapfen, welche auf Bruch in Anspruch genommen werden, erhalten bei der Länge l einen Durchmesser $d = \sqrt{\frac{16}{\pi k}}\sqrt{P\frac{l}{d}}$, wenn k die zulässige Spannung des Materials bedeutet, woraus für schmiedeiserne Zapfen ($k = 6^{kg}$) $d = 0{,}922\,\sqrt{P\frac{l}{d}}$ folgt.
f. Wellen, die durch die Kraft P am Hebelarme R oder durch N Pfdkr. bei n Umdrehungen p. M. auf Torsion beansprucht werden, erhalten bei Schmiedeisen eine Stärke $d^{mm} = 10\,\sqrt[3]{P^{kg}R^{m}} = 90\,\sqrt[3]{\frac{N}{n}}$.


Fig. 44.

2. Die Flaschenzüge.


Fig. 43.

1. Der gewöhnliche Flaschenzug, Fig. 43, wird immer mit Rollen ausgeführt, die neben einander lose auf demselben Bolzen drehbar sind u. z. zu dem Zwecke, um die Länge der Flaschen zu reduziren. Bei Seil-Flaschenzügen für grosse Seilstärken ist der geringe Wirkungsgrad ein Uebelstand, doch gewähren Seile im allgem. mehr Bruch-Sicherheit als Ketten. Bei Krahnen für grosse Lasten bietet der Flaschenzug ein Mittel, grössere Kettenstärken zu vermeiden. Man wählt das Ketteneisen nicht gern stärker als 30mm, was etwa für 120 Z direkte Belastung genügt. Bei den hydraul. Hebe-Vorrichtungen dient der umgekehrte Flaschenzug meist zur Vervielfältigung des Kolbenhubs. —

2. Der Differential-Flaschenzug**), Fig. 44, (mit ungleichen Durchmessern der beiden oberen Rollen) erhält gekerbte Nuthen auf den Umfängen der Rollen, zur Verhütung des Gleitens der Ketten. Die

*) Reuleaux, Der Konstrukteur.
**) Theorie des Differential-Flaschenzugs; Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. Jahrg. 1864.

Kerben-Anzahl in jeder Rolle ist natürlich immer eine gerade und bekommt die kleinere Rolle meist 2 Kerben weniger, als die grössere. Die Bewegung geschieht entweder durch Ziehen an der unbelasteten Kettenschleife selbst, oder mittels eines besonderen Seil-Rades auf der Achse der doppelten Rolle, wodurch eine Kraft-Steigerung im Verhältniss der Durchmesser erreicht wird. — Wegen der Einfachheit und steten Selbst-Hemmung eignet sich der Differential-Flaschenzug besonders zu den geringen Hebungen bei Montagen etc., wegen des geringen Wirkungsgrades aber nicht für grössere Arbeitsthätigkeit, wie Werkstein-Versetzungen etc. —

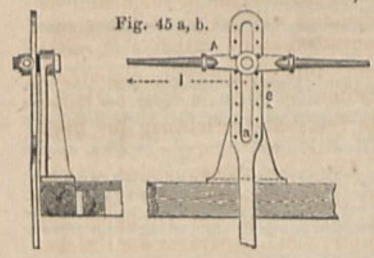


Fig. 45 a, b.

3. Die Winden.

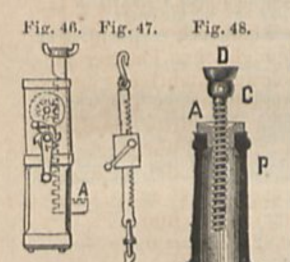
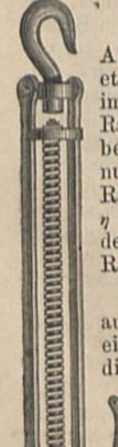


Fig. 46. Fig. 47. Fig. 48.

1. Die Hebelade, Fig. 45 a, b, ist nur für kleine Lasten und geringe Hubhöhen brauchbar. Beim Schwingen des Hebels A wird ein Bolzen abwechselnd rechts und links in ein Loch der geschlitzten Zugstange B gesteckt. Die Länge l jedes Arms mache man 0,6—0,8 m, den Abstand a der Löcherreihen so klein als möglich (50 mm); die Entfernung e der Löcher von einander ist durch die dem Arbeiter bequeme Hubhöhe h (etwa 0,4—0,5 m) gegeben zu: $e = \frac{a}{l} h$. Der Wirkunggsgrad beträgt i. M. 96%. —


Fig. 49.

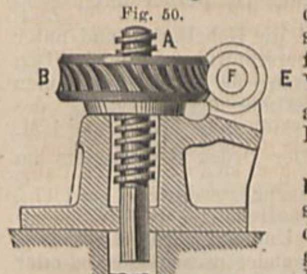
2. Die Zahnstangen-Winde, Fig. 46 als Wagenwinde zum Anheben, Fig. 47 als Zugwinde für Montagen in Werkstätten etc. gebräuchlich. Die Zahnstangen und Räder sind hierbei immer von Schmiedeisen, die Kurbeln, des oft beschränkten Raumes halber, nur 0,15—0,25 m lang zu machen. Der Hub beträgt selten mehr als 0,5 m; für Schützenzüge ändert sich nur das dann feste Gestell und nehmen die gusseisernen Räder grössere Durchmesser an. Der Wirkungsgrad ist: $\eta = \eta_z \eta_z = 0,80$ bis 0,84. Hängt die Last einseitig auf der Klaue A (Fig. 46), so ist der Effekt wegen der seitlichen Reibung um einige Proz. geringer. —

3. Die Schraubenwinde. Als Wagenwinde nach Fig. 48 ausgeführt, steht die bronzene Mutter A fest auf dem gusseisernen (sicherer von Schmiedeisen gefertigten) Gestell B; die Spindel wird am Kopfe C bewegt, welcher mit einem Zapfen in der Klaue D sich dreht. Diese Bewegung der Schraube mittels Einsteck-Stifts ist zeitraubend, daher dreht man oft die Mutter durch ein konisches Räderpaar und Kurbel. Bei einem Steigungs-Verhältniss von etwa $\frac{1}{12}$ ist der Wirkungsgrad $\eta = 0,35$. —

4. Die Zugwinde, Fig. 49, bei welcher die drehbare Mutter als Schneckenrad zu einer Schraube ohne Ende

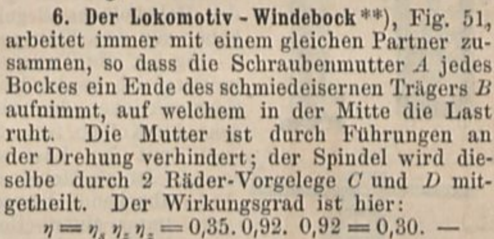
ausgebildet ist, eignet sich wegen der genauen Einstellung und selbstthätigen Hemmung besonders für Montagen und für die Drehbänke der Maschinen-Fabriken, wegen der langsamen Bewegung aber nicht für Schmiedefeuer-Bedienung und wegen des geringen Wirkungsgrades $\eta = \eta_s \eta_s = 0{,}26 . 0{,}35 = 0{,}09$ auch nicht für andauernde eigentliche Hebe-Arbeiten. — Dem Wesen nach ist:

Fig. 50.



5. die Feststell-Vorrichtung für Drehbrücken *), Fig. 50, hiervon nicht verschieden. Die Schraubenspindel A, welche durch das Vierkant C an der Drehung gehindert wird, tritt bei Drehung der Mutter B unter den Längsträger der Brücke. Diese Winde ist unter jedem der Längsträger vorhanden und sitzen sämmtliche Schnecken E auf einer gemeinschaftlichen Betriebswelle F. —

Fig. 51.



6. Der Lokomotiv-Windebock **), Fig. 51, arbeitet immer mit einem gleichen Partner zusammen, so dass die Schraubenmutter A jedes Bockes ein Ende des schmiedeisernen Trägers B aufnimmt, auf welchem in der Mitte die Last ruht. Die Mutter ist durch Führungen an der Drehung verhindert; der Spindel wird dieselbe durch 2 Räder-Vorgelege C und D mitgetheilt. Der Wirkungsgrad ist hier:

$$\eta = \eta_s \eta_z \eta_z = 0{,}35 . 0{,}92 . 0{,}92 = 0{,}30. \text{ —}$$

Die Schrauben für alle Arten von Winde-Vorrichtungen macht man stets von Schmiedeisen oder Stahl, die Muttern am besten ebenfalls aus Stahl oder auch aus Bronze und nur bei geringen Arbeiten aus Gusseisen. In letzterem Falle ist ein Ausfuttern der Mutter mit einer bronzenen Buchse, welche die Gewinde erhält, sowohl der geringeren Reibung wie des Rostens wegen zu empfehlen. Um den Verschleiss thunlichst zu vermindern, mache man die Mutter so hoch, dass der Flächendruck pr. ^{qmm} nicht grösser als $0{,}5^{kg}$, bei häufiger Bewegung noch viel kleiner wird. Wesentlich ist, dass die Mutter genau zentrisch gebohrt ist; der Gewinde-Querschnitt ist immer rechteckig oder trapezförmig, niemals scharf ***). —

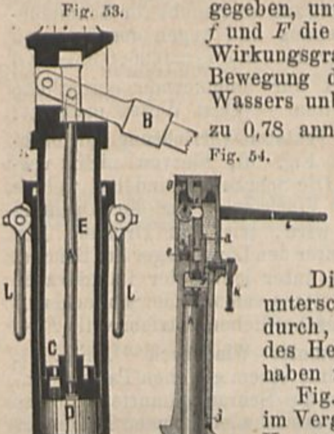
Fig. 52.

7. Die hydraulische Winde †), Fig. 52, wird wegen ihres höheren Wirkungsgrades in neuerer Zeit den Schraubenwinden vielfach vorgezogen. Der durch den Hebel B bewegte Kolben A saugt beim Aufgange durch das Ventil C Wasser aus dem im Sockel enthaltenen Reservoir G an und drückt es beim Niedergange durch das Ventil D unter den Kolben E, welcher die auf F ruhende Last direkt

*) Zeitschr. f. Bauwesen. Jahrg. 1860.
**) Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre. Bd. 4.
***) Engineering 1870. House Moving at Boston.
†) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. Jahrg. 1866.

hebt. H ist ein Retour-Ventil, dass bei seiner Oeffnung die Last sinken lässt. Die Umsetzung der Bewegung ist hierbei durch $\frac{l}{L}\frac{f}{F}$ gegeben, unter l und L die Hebelsarme und unter f und F die Kolben-Querschnitte verstanden. Den Wirkungsgrad kann man, da bei der langsamen Bewegung die Widerstände der Bewegung des Wassers unbedeutend sind, zu $\eta = \eta_h\,(\eta_k)\,\eta_k$, i. M. zu 0,78 annehmen. Der Druck des Wassers im Zylinder ist pr. qmm durch $\frac{Q}{\eta_k F} = 1{,}17 \frac{Q}{F}$ gegeben. Um vor Einfrieren gesichert zu sein, wendet man häufig Oel oder Glycerin anstatt der Wasser-Füllung an.

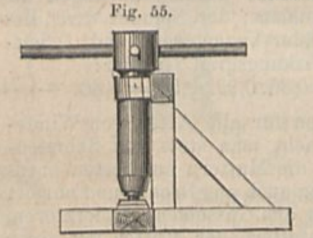
Fig. 53. Fig. 54.

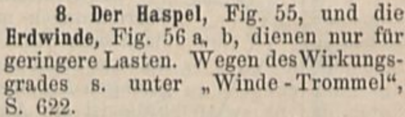


Die anderweite Konstruktion, Fig. 53, unterscheidet sich von der vorigen nur dadurch, dass der Pumpenkolben A ins Innere des Hebekolbens E gelegt ist. l sind Handhaben für den Transport. —

Fig. 54, die Tangye'sche Winde zeigt im Vergleich zu den beiden vorhin gedachten Konstruktionen die prinzipielle Abweichung, dass der Kolben fest steht, und der Zylinder mit der Last sich hebt und senkt. l ist ein Hebel, durch dessen auf- und abgehende Bewegung das Druckwasser unter einen (Doppel-) Boden des Zylinders geführt wird. —

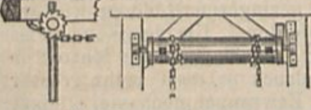
Fig. 55.





8. Der Haspel, Fig. 55, und die **Erdwinde**, Fig. 56 a, b, dienen nur für geringere Lasten. Wegen des Wirkungsgrades s. unter „Winde-Trommel", S. 622.

Fig. 56 a, b.



Für den speziellen Zweck bei Bauten auf Rüstungen, Balkenlagen etc. aufgestellt zu werden, hat der gewöhnliche Haspel durch Paesler einige Verbesserungen erfahren. Es ist, Fig. 57, das Stirnende der Trommel mit einem gezahnten Kranz versehen worden, in welchen die Zähne eines kleinen Rades eingreifen, das gemeinsam mit einem Sperrrad auf einen kurzen Wellenstück steckt; der Sperrkegel des letzteren behindert den Aufgang der Last nicht, wirkt aber arretirend beim Niedergange, in dem Falle, dass nicht eine kleine Kurbel die auf der Sperrrad-Welle sitzt, gedreht wird; es kann daher der Niedergang der Last regulirt werden. Als eine weitere Verbesserung hat der Paesler'sche Haspel einen unten im Gestell gelagerten Hebel erhalten, dessen kürzeres Ende mit einem Gewicht belastet ist, während das längere eine Rolle trägt, die sich gegen das Förder-Gefäss legt, um dasselbe so weit seitwärts zu drängen, dass das Gefäss an vorspringenden Frontflächen, Mauer- oder Gerüst-Ausbauten unbehindert vorbei passiren kann. —

Fig. 57.

9. Die gewöhnliche Bauwinde, Fig. 58 ist mit nur einem Vorgelege versehen. Die Trommel von Holz oder Eisen erhält eine Länge, die sich nach der Hubhöhe oder Anzahl der Windungen richtet, wobei man, wenn es ohne Unbequemlichkeit möglich ist, nur eine Lage des Seils oder der Kette aufwickeln lässt. Für Ketten-Gebrauch erhalten die Trommeln und Rollen auch Führungs-Nuthen nach Fig. 61 oder Rippen wie Fig. 60. Seiltrommeln werden glatt, Seilrollen halbrund, Fig. 59 profilirt. Zur Bauwinde Fig. 58 gehören ein Sperrrad nebst Bandbremse zum Niederlassen, mit Handhebel zum Anziehen des Bandes. Ist $W = \frac{Q}{n(\eta)}$ der zum gleichmässigen Niederlassen der Last an der Brems-Scheibe erforderliche Brems-Widerstand, so berechnen sich die dem Bremsbande zu ertheilenden Spannungen, Fig. 62, zu:

Fig. 58.

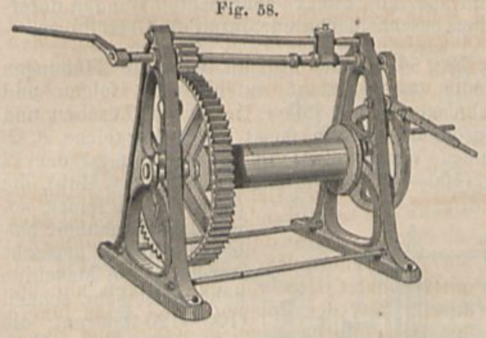
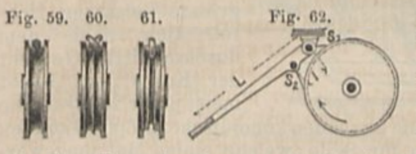


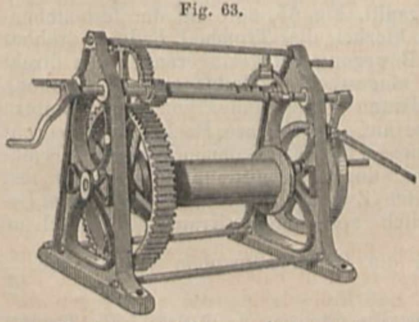
Fig. 59. 60. 61. Fig. 62.



$$S_1 = W \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} \text{ und } S_2 = W \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \text{ was für } \alpha = \frac{3}{4} \text{ Umfang} = 4{,}71$$

und $\mu = 0{,}18$ (Eisen auf Eisen), $S_1 = 1{,}75\,W$ und $S_2 = 0{,}75\,W$ ergiebt. Um auf den Hebel nur mit geringer Kraft wirken zu müssen, ist es Regel, mit der Bewegung, nicht gegen dieselbe zu bremsen, so dass man nur die kleinere Spannung S_2 auszuüben hat, zu welchem Ende die Anordnung so zu treffen ist, dass das Band mit der Spannung S_1 durch den festen Hebel-Drehpunkt aufgenommen wird. Der Druck P auf den Hebel bestimmt sich dann zu $P = \frac{l}{L} \frac{S_2}{\eta_h} = 0{,}8 \frac{l}{L} W$. — Der Wirkungsgrad der Winde ist $\eta = \eta_t\, \eta_z$ u. z. i. M. für Seile von etwa 30 mm Stärke ca. 85 %, für Ketten etwa 88 %. Die Tragkraft dieser Winden kann man zwischen 10 und 40 Ztr. annehmen. —

Fig. 63.

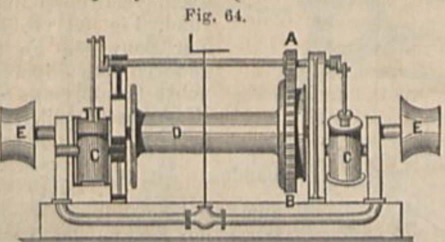


Eine Winde mit doppeltem Vorgelege zeigt Fig. 63. Dieselbe kann für kleinere Lasten mit nur 1 Vorgelege arbeiten, wenn das Getriebe der Kurbelachse direkt in das auf d. Trommel-Welle steckende Rad eingreift. Beim Verschieben der Kurbel-Welle nach rechts kommen jedoch 2 andere Räder in Eingriff, deren eins auf einer Zwischenwelle sitzt. Der Wirkungsgrad dieser Winde, bei welcher nur Ketten zur Verwendung kommen, ist i. M. $\eta = \eta_t\, \eta_z\, \eta_z = 82\%$.

Diese Winden baut man für Lasten von 50 bis 150 Ztr.; bei grösseren Lasten wendet man noch einen 2 bis 6 rolligen Flaschenzug an. Winden mit **dreifachem** Vorgelege kommen nur ausnahmsw. bei den grössten Lasten (zu Drehkrähnen auf Kais für 300—800 Ztr. Tragkraft) vor. Die für Krahne und spezielle Zwecke gebrauchten Winden unterscheiden sich von den oben beschriebenen nur durch die Gestellform. —

10. Dampfwinden*), Fig. 64, wendet man an, wenn die Hebungen während längerer Perioden unausgesetzt auf einander folgen und grössere Quantitäten gehoben werden sollen, z. B. zum Löschen und Laden der Schiffe. Dieselben erhalten meist nur 1 Vorgelege *A*, *B* von grossem Uebersetzungs-Verhältniss (1 : 6 bis 1 : 8) und 1 oder 2 kleine Dampf-Zylinder *C* (100—150mm Durchm., 200—250mm Hub), die des niedrigen Baues, sowie der Einfachheit halber oszillirend gemacht werden. Die Maschine geht meist sehr schnell (100—120 Touren); die grösste Belastung richtet sich nach dem durchschnittl. Gewicht der Kollis und bleibt meist unter 2000kg. Die auf den Enden der Trommel-Welle sitzenden konoidischen Köpfe *E* können ebenfalls als Trommeln dienen für Seile, welche einige Mal umgeworfen werden, ohne an der Welle befestigt zu sein, vielmehr nur durch Reibung mit genommen werden. Für diesen Zweck ist die Maschine mit Umsteuerung zum Rechts- und Linksgange versehen. —

Fig. 64.



Bei den vorstehend besprochenen Winden-Konstruktionen wird das Seil in der ganzen Länge aufgewickelt, wozu die Trommel bei grossen Hubhöhen bedeutende Abmessungen annimmt. Um dies zu vermeiden, hat man verschiedene Anordnungen getroffen. So wird z. B. öfter das Seil oder die Kette nur in einigen Windungen um die Trommel geschlungen, genügend um das Rutschen zu verhindern, und wickelt sich bei der Umdrehung das hintere (nicht befestigte) Seil-Ende um ebenso viel ab, als das ziehende Ende aufgewickelt wird. Da die Windungen sich hierbei auf der Trommel verschieben müssen, so giebt man, um das Abfallen der Windungen zu vermeiden, der Trommel i. d. R. eine konoidische Form, wie z. B. bei:

Fig. 65, 66.



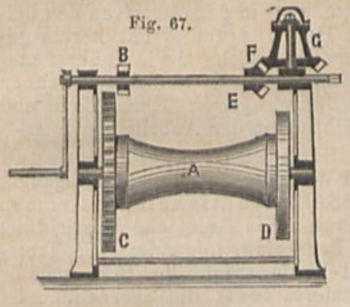
11. dem Gangspill, Fig. 65, 66. Auf der fest stehenden Achse *A* ist hierbei die Trommel *B* lose drehbar und erhält ihre Bewegung bei geringeren Lasten direkt durch die in *b* eingesteckten Handspeichen (Spaaken), während bei grösseren Widerständen von den Arbeitern der ebenfalls lose auf *A* drehbare Deckel *C* umgedreht wird. Das mit diesem Deckel zusammen gegossene Triebrad *c* dreht dabei, durch Vermittelung der beiden fest auf *A* angebrachten Zwischenräder *a*, die zu diesem Behufe mit innerlich verzahntem Kranze *d* versehene Trommel, und wird hierbei die Geschw. in dem Verhältnisse $\frac{c}{d}$

*) Oppermann, Portef. économ. des machines. T. 13 (1868); The Engineer Jahrg. 1867.

ermässigt. Als Wirkungsgrad hat man $\eta = \eta_t \eta_z$, wofür bei einem Seile von 30mm Stärke etwa 0,80 bis 0,84 anzunehmen ist. Im übrigen haben die Gangspille den Uebelstand, dass der Mechanismus versteckt liegt und daher unbemerkt leicht verschmutzt. —

12. Die Ankerwinde (von Waltjen*), Fig. 67. ist ebenfalls für lose Umschlingung des Seils um die Trommel A eingerichtet, welche ihre Drehung durch die Räder B und C erhält nnd bei D mit einem Sperr-Rade versehen ist. — Durch Verschiebung der Kurbel-Welle in ihrer Längen-Richtung kann gleichfalls das konische Getriebe E mit dem konischen Rade F einer kleinen vertikalen Winde-Trommel G (Spillwinde) in Eingriff gebracht werden. Derartige Winden werden meist zur Bewegung des Schiffs-Gefässes grösserer Dampfbagger gebraucht. Da bei der hierbei gewählten Anordnung das Seil sich bei der Trommel-Drehung in Schraubenlinien auflegt, so würde es bald abfallen, wenn man nicht durch die konoidische Form der Trommel oder durch andere Mittel wie z. B. breite Flanschen (zuweilen schräg gestellt), eine stete Verschiebung der Seil-Windungen auf der Trommel bewirkte.

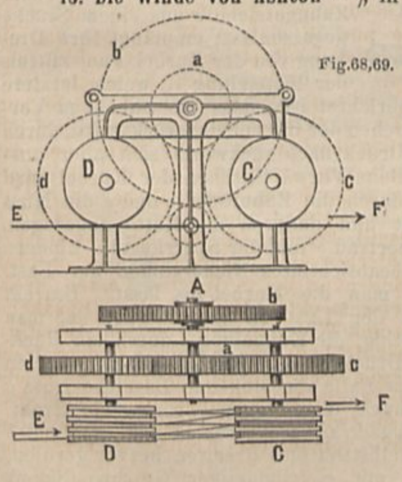
Fig. 67.



Um den hieraus folgenden starken Seil-Verschleiss zu vermeiden, hat man auch 2 Trommeln parallel zu einander angebracht, die mit ringsum eingedrehten Seilnuthen versehen sind, durch welche das hin- und zurück geführte Seil in mehrfachen halben Umwindungen seine Leitung erhält**). —

13. Die Winde von Ashton***), in Fig. 68, 69 skizzirt. Die beiden Trommeln C und D erhalten gleich schnelle Umdrehung nach einerlei Richtung durch die auf den Wellen befindlichen Zahnräder c und d, in welche das Getriebe a eingreift, das auf einer Welle A sitzt, die durch das Zahnrad b von einer Dampfmaschine in Drehung gesetzt wird. Das bei E ankommende Seil geht zuerst in einer halben Umwindung über C, dann über D nach C zurück u. s. w. und verlässt D in der Richtung nach F, nachdem es jede Trommel in 3 halben Umwendungen umschlungen hat. Die hierdurch erzeugte, das Rutschen verhindernde Reibung entspricht daher einem umspannten Bogen der Länge 6π. —

Fig. 68, 69.



*) Wiebe, Skizzenbuch für den Ingen. u. Maschinenbauer. Jahrg. 1865.
**) Mittheilungen d. hann. Gewerbe-Vereins. 1836.
***) Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre. Th. 4.

14. Ketten-Winden, ebenfalls ohne Aufwickelung der Kette auf eine Trommel, sind zuerst von Bernier*) (Pariser Ausstellung 1867) ausgestellt worden. Eine einfache Konstruktion nebst gewöhnlicher Montirungsweise einer Ketten-Winde, wie sie von Berghem u. van Ketem ausgeführt wird, zeigen die Fig. 70—73. Die Kette wird in derselben von den beiden Rollen *A* und *B* mit herum genommen, welche sie in S-Form umschlingt. Diese Winden zeichnen sich durch grosse Einfachheit und Leichtigkeit der Anbringung aus. —

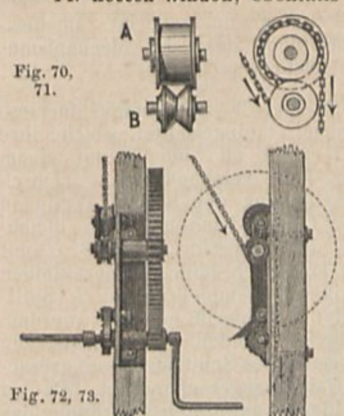


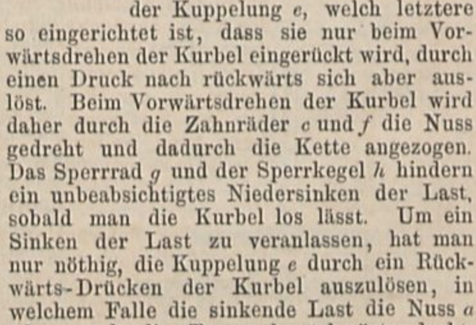
Fig. 70, 71.

Fig. 72, 73.

Sicherheits-Vorkehrungen bei Winden gehen fast durchgängig auf Selbstthätigkeit der Bremse hinaus. Eine einfache Vorrichtung ist beispielsw. folgende: Die Trommel-Welle trägt die Bremsscheibe und ein Sperrrad; ersteres lose, letzteres fest; die Sperrklinke ist an der Bremsscheibe befestigt; der Bremshebel hat Belastung. Die Bremse wird, wenn etwa in Folge eines Zahn-Bruchs eine rückläufige Drehung der Trommel eintritt, selbstthätig in Wirksamkeit treten. Eine anderweite Einrichtung besitzt:

15. die Stauffer-Megy'sche Sicherheitswinde, Fig. 74**), so genannt, weil sie sich selbstthätig beim Sinken der Last bremst und still steht, sobald die Kurbel los gelassen wird. Die Kette wird hierbei von einer aus Hart-Guss hergestellten Nuss *s* gefasst und passirt zwischen dieser und der Trommel *b*, ohne auf eine besondere Trommel aufgewickelt zu werden. Die Trommel *b*, welche mit dem Zahngetriebe *c* aus einem Stücke gegossen ist, empfängt ihre Drehung von der Kurbel *d* aus mittels der Kuppelung *e*, welch letztere so eingerichtet ist, dass sie nur beim Vorwärtsdrehen der Kurbel eingerückt wird, durch einen Druck nach rückwärts sich aber auslöst. Beim Vorwärtsdrehen der Kurbel wird daher durch die Zahnräder *c* und *f* die Nuss gedreht und dadurch die Kette angezogen. Das Sperrrad *g* und der Sperrkegel *h* hindern ein unbeabsichtigtes Niedersinken der Last, sobald man die Kurbel los lässt. Um ein Sinken der Last zu veranlassen, hat man nur nöthig, die Kuppelung *e* durch ein Rückwärts-Drücken der Kurbel auszulösen, in welchem Falle die sinkende Last die Nuss *a* und, vermöge der Zahnräder, auch die Trommel rückwärts dreht. Hierbei wird durch die Zentrifugalkraft mehrerer in der Trommel *b* angebrachten Blei-Sektoren ein selbstthätiges Bremsen hervor gerufen, in Folge dessen die Last nur mit gleichmässiger Geschwindigkeit sinken kann. Eine grosse Sicherheit dieser Winden liegt darin, dass zum gänzlichen Anhalten der Last keine besondere Thätigkeit des

Fig. 74.



*) Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre. Bd. 4.
**) Bayerisches Industr.- u. Gew.-Bl. 1874.

Arbeiters erforderlich ist, sondern ein einfaches Loslassen der Kurbel genügt, worauf sofort die Kuppelung *e* wieder einspringt und jede weitere Drehung durch das Sperrad *g* verhindert ist. —

16. Die Kettenwinde von Weston. Auch die Weston'sche Winde, Fig. 75, 76*), ist eine sogen. Sicherheits-Winde, die im Effekt grosse Aehnlichkeit mit der Stauffer'schen Winde besitzt, während sie äusserlich von dieser sich dadurch unterscheidet, dass eine Trommel bei ihr vorhanden ist. In der Fig. 75 ist *A* das Vierkant der Trommel-Welle, auf welcher die Kurbel fest angebracht ist. Das andere Wellen-Ende ist mit Schrauben-Gewinde versehen und sitzt auf diesem eine Mutter *B*, die durch Stift am Lösen verhindert ist; auf der Mutter stekt lose das Sperrrad *C*, welches auf beiden Seiten Auffütterungen von Hirnholz-Einlagen hat. Gegen die eine Hirnholzfläche tritt das mit Arbeitsleisten versehene linksseitige Ende der lose auf der Kette sitzenden Ketten-Trommel, die am rechtsseitigen Ende innen ein kurzes Stück besitzt, dessen Ende nach einer Schraubenfläche gebildet ist. Gegen diese Fläche legt sich die entsprechende Fläche eines zweiten Körpers (*F*), der durch Stift auf der Trommel-Welle fest gehalten wird. — Findet eine (Rechts-) Drehung der Kurbel statt, so wird durch das Zusammentreten der eben erwähnten Schraubenflächen die Winden-Trommel in der Richtung nach links verschoben und das linksseitige Trommel-Ende gegen die rechtsseitige Hirnholzfläche des Sperrrades gedrängt werden, welches in Folge dessen mit seiner anderen, holz-gefütterten Fläche fest gegen die Mutter *B* sich legt. Die so erzeugte Reibung ist es, durch welche bei weiterer Drehung der Kurbel die Trommel-Welle in Drehung und die an derselben hängende Last in's Heben geräth.— Ist die Sperrklinke eingerückt, so wird beim Aufhören der Kurbel-Drehung die Last nicht sinken, sondern sich selbst bremsen vermöge der Reibung, die in der rechtsseitig liegenden Schraubenfläche auftritt. Zum Niederlassen der Last ist die Kurbel in entgegen gesetzter Richtung zu drehen; die Geschwindigkeit des Sinkens liegt vollständig in der Hand des Arbeiters an der Kurbel. — Dass bei dieser Winde — vermöge ihrer Wirkung durch Reibung — auch eine Ueberlastung der Kette unmöglich ist, ist leicht ersehbar. —

Fig. 75, 76.

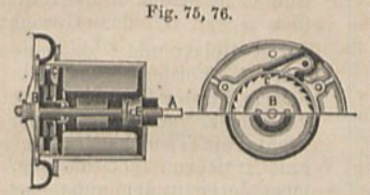
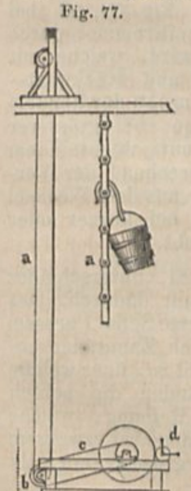


Fig. 77.



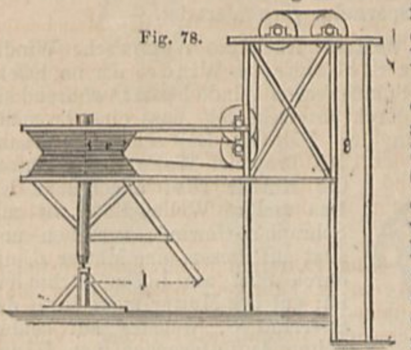
4. Aufzüge.

1. Der Paternoster-Aufzug, Fig. 77, wird in England vielfach zum Aufziehen leichter Gewichte (Ziegel, Mörtel etc.) bei Bauten angewandt. Eine endlose Kette *a* geht oben und unten über Rollen, von denen die untere *b* durch eine andere Kette *c* von der Kurbelwelle *d* aus gedreht wird. An die Bolzen der Kette *a* werden die zu hebenden Lasten (in Eimern etc.) gehängt. — Uebelstänge sind die vielen beweglichen Theile, welche grosse Widerstände und häufige Reparaturen veranlassen, —

*) Bayerisches Industr.- u. Gew.-Bl. 1874.

2. Der Göpel-Aufzug, Fig. 78, empfiehlt sich durch seine einfache Ausführbarkeit für vorüber gehende Arbeiten, da wo Pferde zur Verfügung sind. Zur Berechnung derartiger Aufzüge kann man Folgendes bemerken:

Fig. 78.



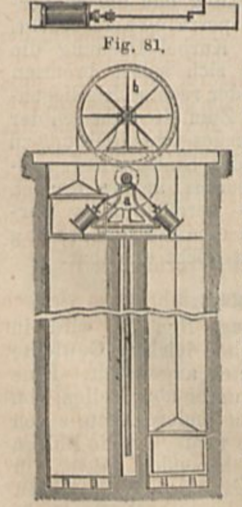
Ist η der Wirkungsgrad der einfachen Winde, bestehend aus einer Trommel nebst ihrem Seile und dessen 3 Leitrollen ($\eta = \eta_t \eta_l^3$), Q das Gewicht der Nettolast und G dasjenige von 1 Förderschale nebst leerem Förder-Gefässe, so übt die nieder gehende Förderschale am Trommel-Halbm. r eine Kraft von $(\eta) G$ aus, vermöge deren an dem aufsteigenden Seile ein Widerstand von $\eta (\eta) G$ gehoben wird, daher ist die an den Zugbäumen von der Länge l erforderliche Kraft:

$$P = \frac{r}{l} \; \frac{Q + G[1 - \eta(\eta)]}{\eta}$$

Fig. 79, 80.

Hier ist es wesentlich für einen hohen Nutzeffekt, den Leitrollen möglichst grosse Durchmesser zu geben. Dieselben Betrachtungen gelten für:

Fig. 81.



3. Die Fördermaschine *), Fig. 79, 80, bei welcher die Bewegung der Seiltrommel durch eine Dampfmaschine bewirkt wird, welche mit Umsteuerung zum Vorwärts- und Rückwärtsgange versehen ist. Die Trommeln der Förder-Maschinen erhalten Spiralgänge; bei grösserer Länge wird die Trommel mit wechselndem Durchmesser ausgeführt, entsprechend der Veränderlichkeit der Last, welche aus dem Wechsel im Eigen-Gewicht des Seils bei kurzer oder langer Aufwickelung sich ergiebt. —

4. Der Gichtaufzug, Fig. 81, unterscheidet sich hiervon im wesentlichen nur dadurch, dass anstatt 2 Trommeln für gesonderte Seile 1 grosse, von der Dampfmaschine a durch Zahnräder betriebene Seilscheibe b angebracht ist, über welche ein Seil gelegt ist, dessen Enden die beiden Förderschalen tragen. Die Reibung, welche dieses Seil auf dem Rollen-Umfange bei etwaigem Rutschen finden würde, muss grösser sein, als

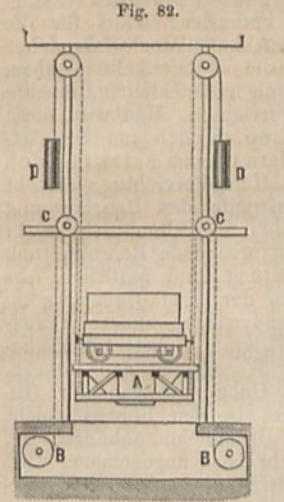
*) Ueber Fördermaschinen s. u. a.: v. Hauer, Die Fördermaschinen; Lottner-Serlo, Leitfaden für Bergbaukunde; Jahresberichte der k. k. Montan-Beamten von Rittinger; Weisbach, Ingen.- u. Maschin.-Mechanik. Th. III. etc.

der zu überwindende Widerstand, und ist deshalb das Drahtseil einige Male um die Scheibe herum gelegt. —

5. **Aufzugs-Vorrichtung** für Eisenbahnen*) (in Manchester), Fig. 82. 2 Plattformen A neben einander liegend, welche abwechselnd auf- und niedersteigen. Die Bewegung geschieht von den durch eine Dampfmaschine gedrehten Wellen BB aus, von deren Seilscheiben 4 Drahtseile nach den 4 Ecken jeder Plattform über Leitrollen C geführt sind. D sind Gegengewichte, deren Seile unten an der Plattform federnd befestigt sind. —

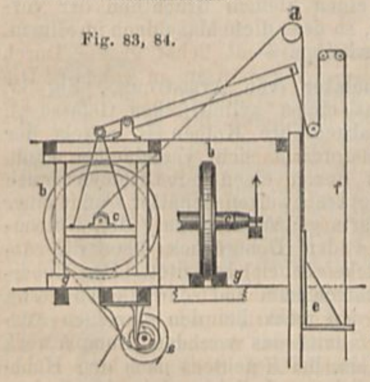


Fig. 82.



6. **Der Fahrstuhl** (Stuhlwinde), Fig. 83, 84, ist ein in Fabriken, besonders in Mahlmühlen sehr gebräuchlicher Aufzug für Personen sowohl wie Güter. Von der Transmissions-Welle a aus wird die hölzerne Riemscheibe b betrieben, deren gleichfalls hölzerne Welle c als Windetrommel für das über die Leitrolle d geführte Seil dient, welches den Stuhl e durch alle Etagen führt. Durch ein kräftiges Ziehen an einem ganz hinab reichenden Zugseil f hat man es in der Gewalt, die Scheibe b anzuziehen, so dass der dadurch gespannte Riemen die Last aufwindet, während ein geringer Zug die Scheibe b zwar von den beiden Bremsbacken g lüftet, ohne aber den Riemen zu spannen, so dass die Last sinkt. Beim Loslassen bremst das Gewicht des Stuhls selbst, indem die Scheibe zwischen die Backen g einfällt. — Letzterer Umstand: dass durch Loslassen gebremst wird, verbunden mit der Einfachheit der ganzen Anordnung, giebt dem Aufzuge eine grössere Sicherheit als bei den meisten andern, in der Regel komplizirten Aufzügen ähnlicher Art (mit Wechselrädern und Wende-Getrieben etc.) vorhanden ist. —

Fig. 83, 84.



7. **Die hydraulischen Aufzüge.** In neuerer Zeit führt man vielfach Aufzüge und Hebe-Vorrichtungen so aus, dass stark gepresstes Wasser in einen geschlossenen Zylinder geleitet wird, in welchem es auf die Fläche eines Kolbens oder Stempels drückt, durch dessen Verschiebung der zu bewältigende Widerstand überwunden wird. Hierzu dient fast immer Wasser, dem man durch eine Pumpe etc. die erforderliche Pressung ertheilt hat und welches in einem Behälter, dem Akkumulator, angesammelt ist. Die Wirkung der Maschine ist somit eine indirekte und sofern zu den Kraftverlusten in der Hebe-Vorrichtung auch noch diejenigen zwischen Pumpe und Akkumulator hinzu treten, eine weniger ökonomische als bei direktem Betriebe der Winde durch die Dampfmaschine. Trotzdem bietet diese Wirkungsweise

*) Zeitschr. f. Bauw. Jahrg. 1853.

wesentliche Vortheile deswegen dar, weil die Dampfmaschine unausgesetzt auch während der Pausen in Thätigkeit verbleiben kann, welche zwischen 2 Hebungen liegen. Diese Wirkung ist nur vermöge der Aufstellung eines Akkumulators möglich, welcher die von der Dampfmaschine während einer solchen Pause geförderte Wassermenge in sich aufspeichert, um die darin enthaltene Kraft für die nächste Hebung disponibel zu haben. Der Akkumulator wirkt daher als ein Kraft-Reservoir und ist dadurch die Möglichkeit gegeben, momentan grosse Arbeitsleistungen vermittels einer kleinen, längere Zeit in Betrieb befindlichen Maschine zu verrichten. Man wird diese indirekte Wirkung daher nicht anwenden, wo es sich um den ununterbrochenen Betrieb von Maschinen sondern nur um zeitweiligen handelt. Ein fernerer Vortheil der hydraul. Hebe-Vorrichtung besteht in der äusserst bequemen und wenig kraftraubenden Uebertragung der Kraft auf grössere Entfernungen in allen möglichen Richtungen, indem zu dieser Uebertragung nur eine entsprechende Röhrenleitung erforderlich ist. Durch eine derartige Leitung sind natürlich Abzweigungen, Richtungs-Aenderungen etc. in der Kraft-Uebertragung viel einfacher zu erreichen, als durch irgend welche andere Transmission. Die Widerstände einer solchen Kraft-Uebertragung bestehen lediglich in den Widerständen des Wassers in den Röhren.

Fig. 85.

Da nun die Widerstands-Höhe nur von der Geschwindigkeit des Wassers in den Röhren, nicht aber von der absoluten Druckhöhe abhängig ist, die letztere aber meist sehr hoch angenommen wird (bis zu 500 m), so repräsentiren die gedachten Widerstände meist nur einen kleinen Bruchtheil der vorhandenen Leistung, so dass diese Maschinen im allgem. sehr ökonomisch arbeiten. —

8. **Der Akkumulator** (von Armstrong), Fig 85, besteht immer aus einem zylindrischen Gefässe *A*, in welchem der abgedrehte Kolben *B* mittels der Stopfbuchse *C* wasserdicht sich verschieben kann. Der Kolben wird durch einen mit Steinen (auch mit Wasser-Füllung) beschwerten Behälter *D* mit einer Kraft $= fp$ abwärts gedrückt, wenn f den Kolben-Querschnitt und p den Ueberdruck über die Atmosphäre (pr. Flächeneinheit) bedeutet. Der Ueberdruck p ist sehr verschieden und schwankt von etwa 5 bis zu 50 Atm. und mehr bei den einzelnen Ausführungen. Bei *E* tritt das von dem Pumpenwerk gelieferte Wasser ein, bei *F* geht es nach den Hebe-Vorrichtungen, von denen beliebig viele durch denselben Akkumulator gespeist werden können. — Steht eine grössere Wasserleitung mit genügendem Drucke zu Gebote, so ist ein Akkumulator unnöthig. —

9. **Die Hebe-Vorrichtung** der Ruhrorter Trajektanstalt*), Fig. 86, enthält eine für 2 Waggons genügende Plattform *A*, welche mittels der Ketten *D* an dem Haupte des Kolbens *B* hängt. Der Zylinder *C* steht auf einem eisernen Querträger *F*. Die Gegengewichte *E* balanziren die leere Plattform so weit ab, dass dieselbe noch von selbst sinkt. — Ist Q die zu hebende Nutzlast (bis 400 Ztr.), G das Gewicht der Plattform (ca. 600 Ztr.), G_1 das

*) Zeitschr. f. Bauw. 1857.

der Gegengewichte, so ist ein Widerstand zu bewältigen von $W = Q + G - (\eta_l)(\eta_l) G_1$, und man hat dazu eine Kraft nöthig:

$$P = fp = \frac{W}{\eta_k}.$$

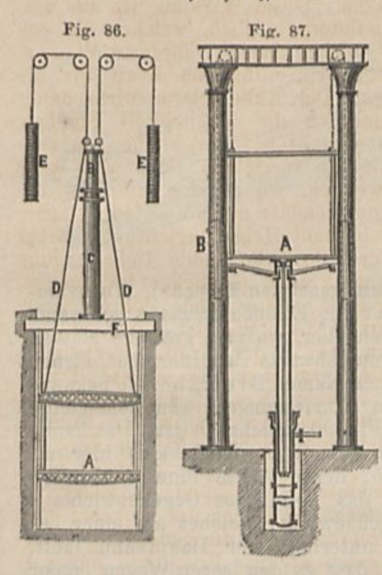


Fig. 86. Fig. 87.

In Ruhrort ist $p =$ ca. 45 Atm., der Kolben-Durchm. 0,340 m, die Hubhöhe 8,45 m. Die Widerstände werden auf ca. ¼ angegeben. —

10. Personen-Aufzug im Pariser Ausstellungs-Palaste von 1867 *), Fig. 87. Derselbe enthielt einen Kiosk oder eine Plattform A, die sammt Kolben und der zu hebenden Anzahl von Personen durch 4 in den hohlen Säulen spielende Gegengewichte B soweit thunlich abbalanzirt war. Der Zylinder ist zu derselben Tiefe, wie die Hubhöhe beträgt, in den Erdboden versenkt. Der Kolben-Durchm. betrug 0,25 m, der Wasserdruck 1500 kg, entsprechend etwa 30 m Wassersäule. Derartige Apparate sind in neuerer Zeit auch für Hotels vielfach in Gebrauch gekommen. —

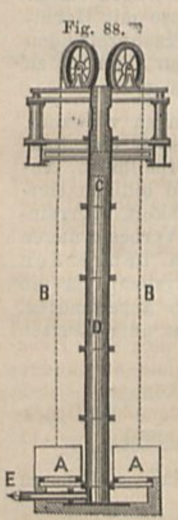


Fig. 88.

11. Der pneumatische Aufzug **), Fig. 87 ist auf englischen Eisenwerken in Gebrauch. Hier ist die Plattform A durch 4 über Seilrollen geführte Drahtseile B mit dem Kolben C in Verbindung gesetzt, welcher, in der in der Mitte aufgestellten Röhre D dicht schliessend, durch den äusseren Luftdruck abwärts gedrückt wird, sobald eine Luftpumpe aus dem Zylinder D durch die Röhre E Luft ansaugt. Um die leere Plattform nieder zu lassen, drückt die Luftpumpe wieder Luft in den Zylinder hinein. —

12. Der Armstrong'sche Wasserdruck-Aufzug ***), Fig. 89, findet hauptsächlich für Speicher und Waarenhäuser Anwendung. Der in dem Zylinder A bewegliche Hebe-Kolben zieht bei seiner Abwärts-Bewegung durch die beiden umgekehrten Flaschenzüge B und C die über die Leitrollen E und F geführte Lastkette D mit 9facher Geschwindigkeit an. Zur seitlichen Bewegung der Last ist das Konsol G um eine vertikale Achse drehbar, bei welcher Bewegung 2 Leitrollen H das Seil führen. Der Wirkungsgrad ist hier $\eta = \eta_l^2 (\eta_f)^2 \eta_k$, worin (η_f) für einen 2rolligen Flaschenzug gilt. I. M. wird man für ein 30 mm starkes Seil nicht mehr als $\eta = 0{,}40$ rechnen dürfen. —

---

*) *Armengaud, Publication industr. des mach. Vol. 17.*
**) *Engineering. 1872.*
***) Notizblatt des Archit. u. Ingen. Ver. für das Königreich Hannover. Jahrg. 1851 und 1852 und Jahrg. 1857.

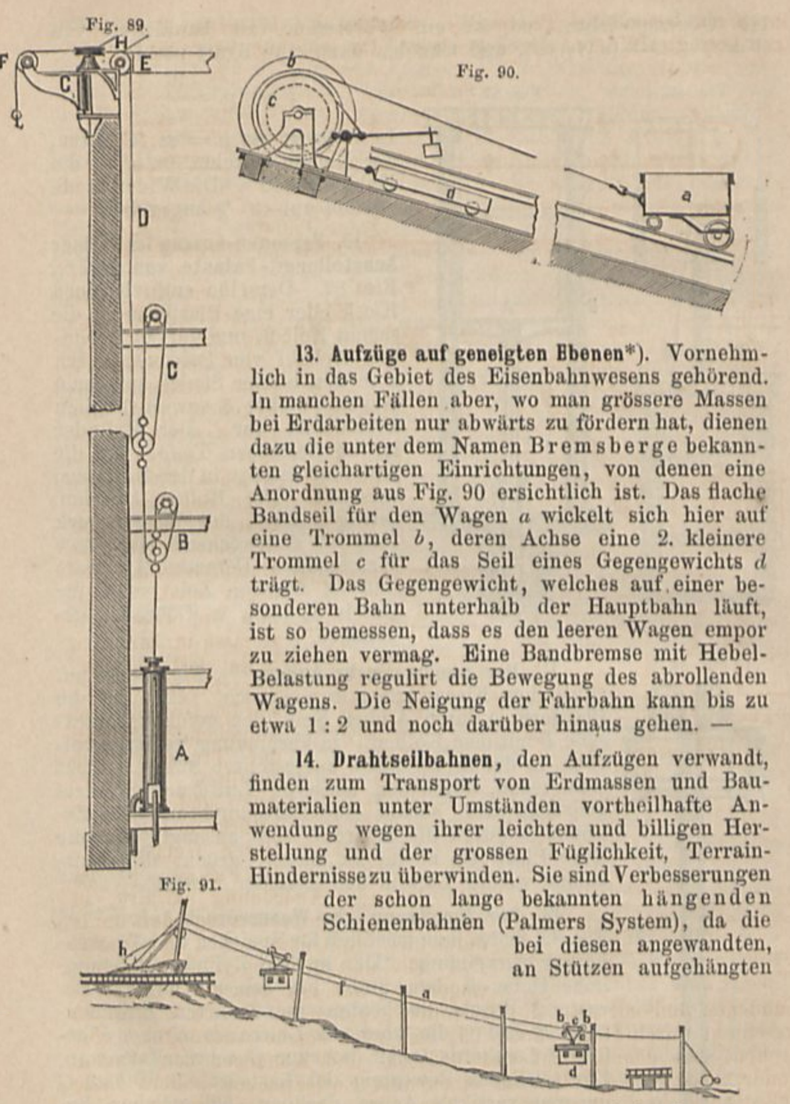


Fig. 89.

Fig. 90.

Fig. 91.

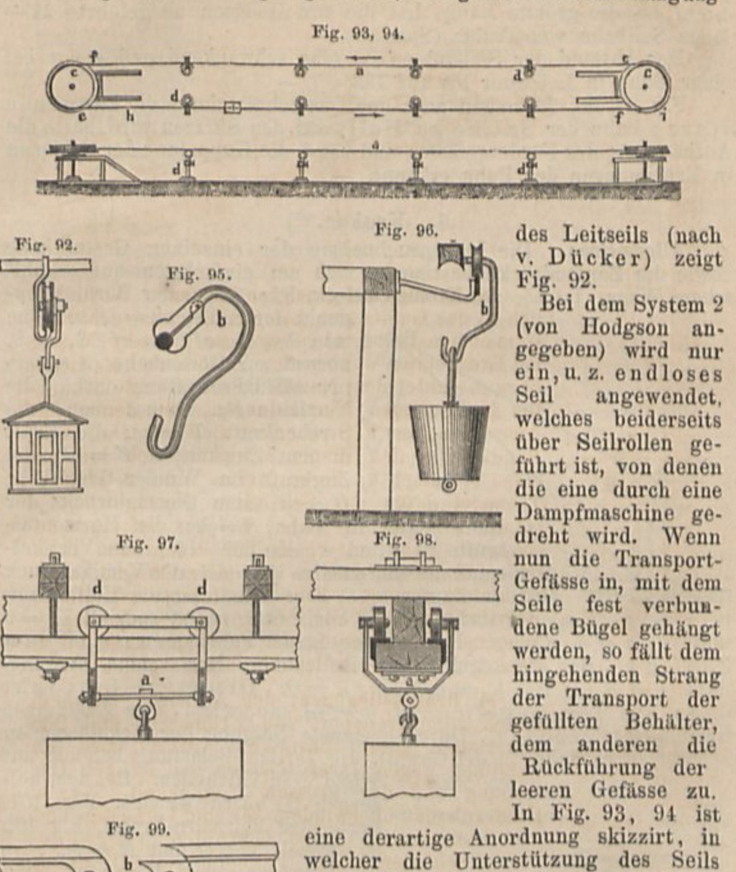
13. **Aufzüge auf geneigten Ebenen***). Vornehmlich in das Gebiet des Eisenbahnwesens gehörend. In manchen Fällen aber, wo man grössere Massen bei Erdarbeiten nur abwärts zu fördern hat, dienen dazu die unter dem Namen Bremsberge bekannten gleichartigen Einrichtungen, von denen eine Anordnung aus Fig. 90 ersichtlich ist. Das flache Bandseil für den Wagen *a* wickelt sich hier auf eine Trommel *b*, deren Achse eine 2. kleinere Trommel *c* für das Seil eines Gegengewichts *d* trägt. Das Gegengewicht, welches auf einer besonderen Bahn unterhalb der Hauptbahn läuft, ist so bemessen, dass es den leeren Wagen empor zu ziehen vermag. Eine Bandbremse mit Hebel-Belastung regulirt die Bewegung des abrollenden Wagens. Die Neigung der Fahrbahn kann bis zu etwa 1 : 2 und noch darüber hinaus gehen. —

14. **Drahtseilbahnen**, den Aufzügen verwandt, finden zum Transport von Erdmassen und Baumaterialien unter Umständen vortheilhafte Anwendung wegen ihrer leichten und billigen Herstellung und der grossen Füglichkeit, Terrain-Hindernisse zu überwinden. Sie sind Verbesserungen der schon lange bekannten hängenden Schienenbahnen (Palmers System), da die bei diesen angewandten, an Stützen aufgehängten Schienen bei ihnen zweckmässig durch Seile ersetzt sind. Es müssen 2 Systeme unterschieden werden:

Beim System 1 dient ein an beiden Enden verankertes, einerseits durch eine Winde gespanntes und an Zwischenpunkten (aufgehängtes) Drahtseil *a*, Fig. 91 als Leitschiene für einen mit 2 Rollen *b* auf dem Seile laufenden Wagen *c*, an welchen das Transport-Gefäss *d* mit Ketten *e* gehängt ist. Die Bewegung des Wagens geschieht

*) Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre. Bd. 4.

durch ein besonderes Triebseil f, welches von einer durch Dampfkraft bewegten Winde h angezogen wird; die eigenthümliche Aufhängung



des Leitseils (nach v. Dücker) zeigt Fig. 92.

Bei dem System 2 (von Hodgson angegeben) wird nur ein, u. z. endloses Seil angewendet, welches beiderseits über Seilrollen geführt ist, von denen die eine durch eine Dampfmaschine gedreht wird. Wenn nun die Transport-Gefässe in, mit dem Seile fest verbundene Bügel gehängt werden, so fällt dem hingehenden Strang der Transport der gefüllten Behälter, dem anderen die Rückführung der leeren Gefässe zu. In Fig. 93, 94 ist eine derartige Anordnung skizzirt, in welcher die Unterstützung des Seils durch die Rollenständer d geschieht. Das Ab- und Anhängen der Förderwagen von den mit dem Seile fest verbundenen und mit über die Seilrollen c gehenden Bügeln b Fig. 95 geschieht durch Hand, doch hat man auch solche Anordnungen getroffen, bei denen nicht nur das An- und Abhängen der Wagen, sondern sogar das Füllen an einem und Entleeren am andern Ende selbstthätig bewirkt wird*). — Die Aufhängung der Transport-Gefässe stellt Fig. 96 dar. Das Gehänge b hängt für gewöhnlich mit dem Sattelstück c auf dem Seile, während an den Stützen desselben kleine Rollen, auf Hülfsbahnen laufend, die Last, unter geringer Anhebung des Sattels, über die Stützpunkte hinweg führen. — Anstatt eines einzigen Wagens wendet man auch wohl ganze Züge von bis zu 30 Wagen (Festungsbau Metz, 26 — 30 beladene Wagen

Fig. 99.

*) Rziha, Eisenb.-Unter- u. Oberbau. B. I.

à 5 Ztr. Gewicht) an, und fördert mit Geschwindigkeiten bis $2{,}5^{m}$ pr. Sek. — Eine Seilbahn in Eisleben hat Maximal-Steigungen von 1:9,7, — die grösste Länge hat die von Hodgson ausgeführte 24^{km} lange Seilbahn von Trubia (Spanien). —

Der Abstand der Seilstützen ist sehr schwankend und steigt bei einer Bahn in Leicester bis auf 183^{m} *) —

Fig. 97, 98, 99 zeigen noch den Querschnitt durch die hängende starre Bahn der Saline zu Hall; aus den Skizzen wird bei *a* die Aufhängung des Fördergefässes und bei *b* die Kuppelung der Schienen in Krümmungen der Bahn erkannt. —

5. Krahne.**)

Allgemeines. Die Inanspruchnahme der einzelnen Gestelltheile sowie die Zapfendrücke bestimmen sich am einfachsten auf graphischem Wege. Ist *abc* das Krahn-Dreieck, Fig. 100, *c* der Berührungspunkt der Rolle, $ad = Q$, so ziehe man $de \parallel ab$, $af \parallel bc$, $ef \parallel cl$, d. h. normal zur Rollenbahn in *c*, ferner *eK* horizontal und durch *f* die Vertikale *Kg*, so hat man: die Strebenkraft $T = ae$; die Kraft in den Zugstangen $Z = ed$; die Zugkraft im Winden-Gestell *bc*, $U = af$; den Normaldruck der Rolle gegen die Bahn $S = fe$; die Horizontalkräfte in *b* und *c* jede $H = eK$; den Vertikaldruck auf die Rollenbahn $V_1 = fK$; den Vertikaldruck auf den Zapfen *b*, $V_2 = gf - id$. Ist die Rollenbahn bei *c* ein vertikaler Zylinder, also *S* horizontal, so ist speziell $V_1 = o$ und $V_2 = gf - id = Q$. Die ganze Last ruht dann auf dem Zapfen *b*. Hat die kegelförmige Rollenbahn eine solche Neigung, dass $gf = id$, so ist $V_2 = o$, $V_1 = fK = Q$. Die ganze Last ruht dann auf dem Kegel *c*. Ist $gf < id$, so wird der Zapfen *b* nach oben gezogen. Durch geeignete Neigung der Kegelfläche in *c* hat man es daher in der Gewalt, die Vertikal-Belastung beliebig auf *b* und *c* zu vertheilen.



Fig. 100.

Fig. 101. Fig. 102.

Bei dem hölzernen Gebäudekrahn, Fig. 101, sowie dem Fairbairn-Krahn, Fig. 102 ist speziell $V = Q$ und $H = fe$.

Drehung des Krahns. Den Widerstand der Drehung zu verringern, wendet man Halslager mit Friktions-Rollen, Fig. 103, oder mit Friktions-Walzen, Fig. 104, an. Ist *N*. Fig. 103, der Normaldruck aller gedrückten Rollen gegen die Bahn vom Halbm. *r* und ν das Verhältniss $\frac{\text{Halbmesser des Rollenzapfens}}{\text{Halbmesser der Rolle}}$, so erfordert der Widerstand des Halslagers am Rade vom Halbm. *R* eine Kraft $\frac{r}{R} \nu \mu N$. Zur Ueberwindung dieses, sowie des aus dem Reibungs-Moment des oberen Stützzapfens sich ergebenden Widerstandes dient das doppelte

*) Serlo, Bergbaukunde. Bd. II.

**) Vergl. auch Bd. III, Abtheilg. A: Der Wasserbau.

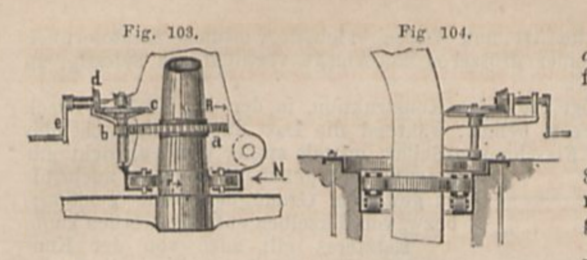
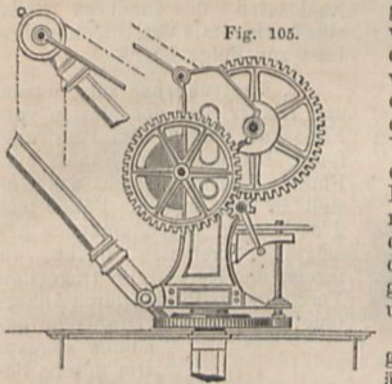


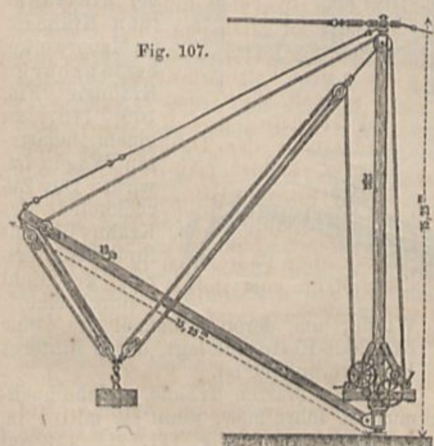
Fig. 103. Fig. 104.

Zahnrad-Vorgelege *abçd* mit Kurbel *e*, für welche letztere aus dem Wirkungsgrade $\eta = (\eta_z)^2 =$ ca. 85% sich die nöthige Kraft ergiebt.

Friktions-Walzen, meist nur bei schweren Krahnen mit grosser Ausladung vorkommend, wendet man nach Fig. 104 in Gestalt von 2 Walzenringen an. Der obere Ring, mit vertikal gestellten Rollen zur Aufnahme des Horizontal-Drucks, wird von der drehbaren Krahnsäule gegen die Innenfläche der gusseisernen Halsplatte gedrückt, während ein vortretender Rand der Halsplatte, bezw. ein Mauerwerks-Absatz zur Unterstützung des unteren Walzenkranzes dient, dessen horizontale Walzen durch Vermittelung eines Eisenringes den oberen Kranz tragen. Die Reibung des Halslagers besteht nur aus der wälzenden Reibung, da die Walzenzapfen einen Widerstand nicht äussern, ist daher gegen das Reibungs-Moment am unteren Säulenzapfen gering. —


Fig. 105.

Die Winde-Vorrichtungen der Krahne, wie dieselben äusserlich auch angeordnet sein mögen (Fig. 105), zeigen im allgem. keine Abweichungen von denen der gewöhnlichen Bockwinde. Die Kette geht über eine Leitrolle im Schnabel des Krahns, daher der Wirkungsgrad $\eta = \eta_l\, \eta_l\, \eta_z$ durchschnittlich = 78—80% angenommen werden kann. Hängt man, für doppelte Last, noch eine lose Rolle in die Kette, so reduzirt sich der Nutzeffekt auf etwa 75%.


Fig. 107.

Spezielle Konstruktionen. Durch Leichtigkeit und bequeme Einrichtung zeichnen sich besonders die in Amerika auf Baustellen viel gebräuchlichen:

1. Amerikanischen Drehkrähne, Fig. 106—108*), aus, bei denen das obere Halslager der Krahnsäule durch Drahtseile etc. gehalten wird.

*) Deutsch. Bauztg. 1876.

Fig. 106 lässt die Art und Weise ersehen, wie diese Krähne über die Grundfläche einer grösseren Bau-Anlage vertheilt und befestigt zu werden pflegen.

Fig. 107 zeigt diejenige Konstruktion, in der das Krahn-Dreieck dauernd seine Form behält, während die Last durch entsprechendes Anziehen von 2 Flaschenzug-Seilen, mittels zweier Winden, nicht nur gesenkt und gehoben, sondern auch bis zu gewissem Grade der Säule genähert, bezw. von derselben entfernt werden kann.

Fig. 108.

Letzteres gilt auch von der Konstruktion Fig. 108, bei welcher ein Anziehen des einen Seils die Last zum Steigen und ein Nachlassen desselben Seils die Last zum Sinken bringt, während das Anziehen des einen und Nachlassen des anderen Seils eine horizontale Verschiebung der Last zur Folge hat. —

Fig. 106.

2. Mastenkrahne zum Setzen und Niederlegen der Masten von Fluss-Fahrzeugen, bei Passirung fester Brücken über Kanäle und Flüsse. Hierbei besteht das Gestell in den meisten Fällen aus 2 nach oben gegen einander geneigten Streben, welche in ihrem, die Kettenrolle tragenden Vereinigungs-Punkte durch Ankertaue, Ketten oder Drahtseile gehalten werden. Die untere Befestigung dieser Taue etc. wird bei stationären Krahnen im Mauerwerke, bei fahrbaren Krahnen, Fig. 109, 110, an einem belasteten Wagen bewirkt. Das Zurückholen des Krahn-Wagens für die Winterszeit geschieht durch eine Winde, um deren Trommel etc. eine Rückhalt-Kette sich legt, deren hinteres Ende verankert ist.

Fig. 109, 110.

Feste Masten-Krahne, welche hochwasserfrei aufgestellt werden müssen, führt man, wenn sie mitten im Strome stehen, meist als Doppel-Krahne nach Fig. 111, 112, 113 auf Verlängerungen der Brückenpfeiler, oder Holz-Jochen aus*).

Die Krahne sub 2 sind **nicht** mit Drehbarkeit begabt.

*) Deutsch. Bauztg. 1876; auch Zeitschr. d. Hann. Arch.- u. Ingen.-Ver. 1876.

Fig. 111. Fig. 112.

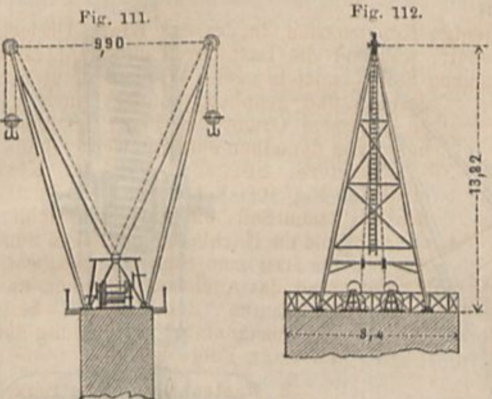
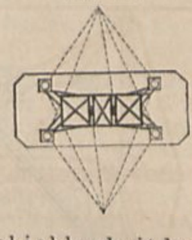




Fig. 113.



3. **Scherenkrahne**, welche in Häfen zum Ein- und Ausheben der Masten dienen, unterscheiden sich von den oben besprochenen Masten-Krähnen (kleinerer Art) fast immer durch die Verschiebbarkeit des (von drei Säulen gebildeten) Krahn-Dreiecks, aus welcher Verschiebbarkeit ein mehr oder weniger grosser Vorschub des Kopfes gegen die Wasserseite — verbunden mit einer relativ geringen Hebung desselben — sich ergiebt. Die neueren Krahne dieser Art weisen 2 verschiedene Ausführungs-Modalitäten auf: Es wird das „Einholen" und „Auslegen" des Krahns mittels einer Schraube bewirkt, welche entweder a, horizontal oder b, geneigt gelagert sein kann. Das untere Ende des sogen. Hinterbeins (Fig. 114) enthält eine Schraubenmutter, welche bei dem Krahn mit horizontal gelagerter Schraube mittels Scharnier-Verbindung an das Hinterbein anzuschliessen ist, und, um der Schraubenspindel die Beanspruchung auf Biegung abzunehmen, zwischen kräftigen Gleitbahnen geführt werden muss. Diese Konstruktion besitzt den Nachtheil, dass die Schraubenspindel eine bedeutende Länge erhält und dass die Lagerung derselben — in normaler Richtung zur Uferlinie — für die Kai-Ausnutzung ungünstig ist, da dieselbe z. B. das Legen durchgehender Schienenstränge beträchtlich erschwert. — Die andere Konstruktionsweise (mit geneigt gelagerter Schraubenspindel) kann entweder so ausgeführt werden, dass die Spindel in 2 Lagern eines eisernen Bockes fest gelagert wird, oder auch so, dass keine der beiden Lagerungen fest ist, sondern beide an den schwingenden Bewegungen, die das Hinterbein des Krahns ausführt, sich betheiligen können. (Letztere Konstruktion ist von Waltjen angegeben worden.) Bei beiden Konstruktionsweisen wird an der Länge der Schraubenspindel — d. i. des Weges, den das Ende des Hinterbeins zum Einholen und Auslegen des Krahns zu machen hat — erheblich gespart; beide sind relativ wenig raumeinnehmend, bringen geringere Reibungs-Arbeit an der Schraubenspindel mit sich und behindern endlich die Benutzung des Kais zum Legen durchgehender Gleise nicht. — Alle Krähne in Rede befindlicher Art werden ausser für den Zweck des Ein- und Aushebens von Masten, zum Heben der schwersten Lasten: Geschütze, Kessel — bis etwa 2000 z hinauf — ausgeführt, theils als sogen. feste Krähne am Lande, theils als schwimmende Krähne auf entsprechend gebauten Schiffs-Gefässen.

Die Fig. 114÷118 gehören einem 1400 z Krahn, nach Waltjen-scher Ausführungsweise für den Kriegshafen Wilhelmshaven in 1870—71 erbaut, an. Die Haupt-Abmessungen sind den Figuren ein-

41*

geschrieben. Die Lagerungsweise der 3 Beine in schweren Grundplatten stellen die Fig. 116, 117, 118 dar; letztere in Verbindung

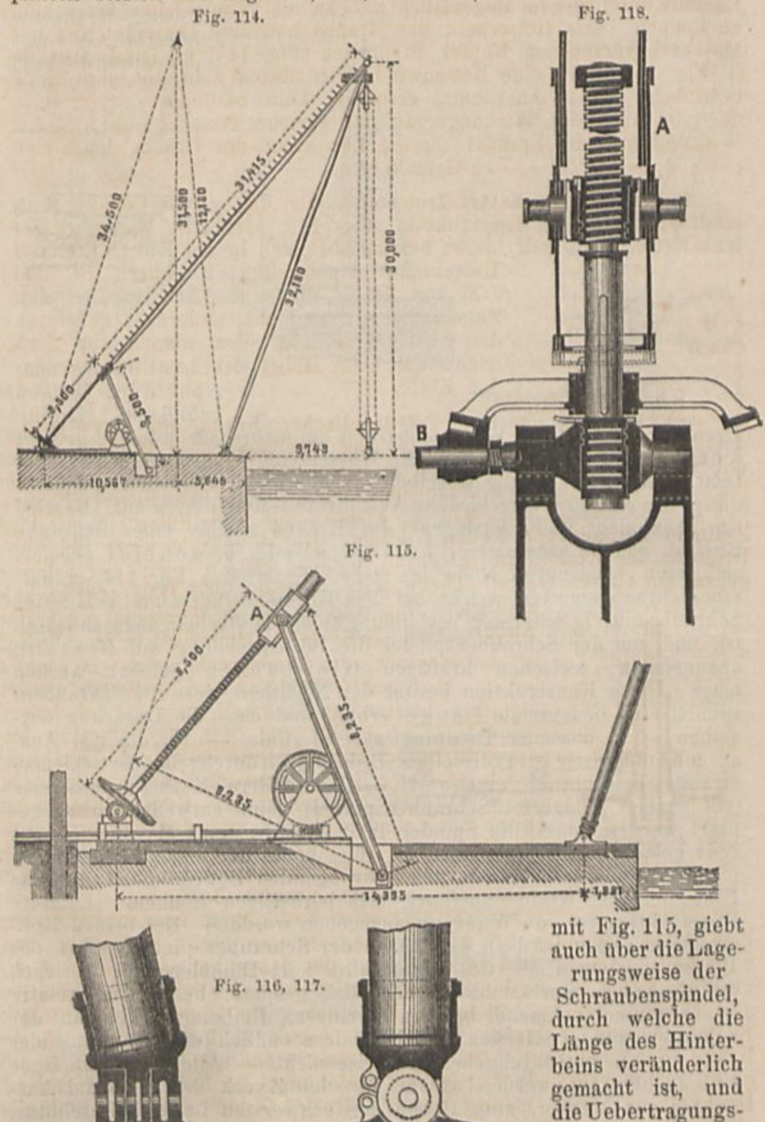


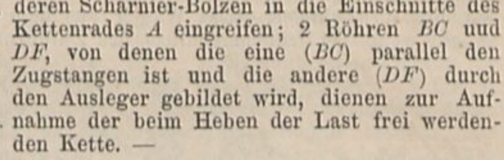
Fig. 114. Fig. 118. Fig. 115. Fig. 116, 117.

mit Fig. 115, giebt auch über die Lagerungsweise der Schraubenspindel, durch welche die Länge des Hinterbeins veränderlich gemacht ist, und die Uebertragungsweise der Kraft zum Drehen der Spindel spezielle Auskunft. Der sogen. „Gegenlenker“ Fig. 114, 115, dessen beide extremste Lagen in Fig. 115 angegeben sind, hat insbesondere die Funktion, die Schrauben-

spindel von der Beanspruchung auf Biegung möglichst zu entlasten; die Länge desselben ist gross genug gewählt, um das vom Kopfe des Lenkers durchlaufene Bogenstück nahezu als gerade Linie betrachten zu können. Das Hinterbein des Krahns hat, zum Besteigen des mit Mastkorb versehenen Kopfes, Steigeisen (Fig. 114). — Die Lastwinde (s. Fig. 114, 115), eine Kettenwinde wird durch Schraube ohne Ende betrieben. Diese Anordnung erfordert kein besonderes Sperrwerk, doch ist auch der Wirkungsgrad nur gering: etwa 35—40 %. Als Wirkungsgrad der Spindel für die Bewegung des Krahns kann man $\eta = \eta_z \, \eta_s =$ ca 0,32—35 zu Grunde legen. —

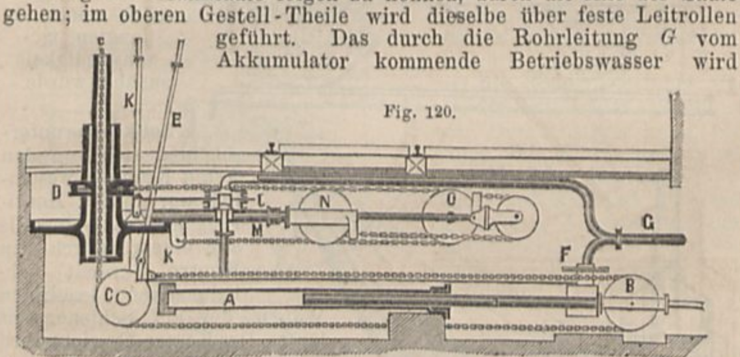
4. Krahne ohne Ketten-Trommel*). Bei dieser (von Camille Neustadt angegebenen) Konstruktion, Fig. 119, wird eine Gall'sche Gelenk-Kette angewandt, deren Scharnier-Bolzen in die Einschnitte des Kettenrades A eingreifen; 2 Röhren BC und DF, von denen die eine (BC) parallel den Zugstangen ist und die andere (DF) durch den Ausleger gebildet wird, dienen zur Aufnahme der beim Heben der Last frei werdenden Kette. —

Fig. 119.



5 Hydraulischer Krahn von Armstrong, Fig. 120. Der Treibkolben a trägt 2 oder 3 Rollen B neben einander, welche die eine Flasche eines umgekehrten Flaschenzugs bilden, dessen 2 Flasche die fest mit dem Treib-Zylinder verbundenen Rollen C bilden. Die Hubkette c muss, um der Drehung der Krahnsäule folgen zu können, durch die Axe der Säule gehen; im oberen Gestell-Theile wird dieselbe über feste Leitrollen geführt. Das durch die Rohrleitung G vom Akkumulator kommende Betriebswasser wird

Fig. 120.



dem Hebe-Zylinder A durch einen Steuerungs-Schieber in F zugetheilt, dessen Bewegung durch den Hebel E geschieht. Ein zweiter Hebel K vertheilt durch den Schieber l das Kraftwasser abwechselnd nach 2 kleineren Zylindern M, deren Kolben die Rollen N und O tragen und deren Zweck in der Drehung der Krahn-Säule besteht. Es ist zu dem Ende die Kette an dem einen Zylinder bei k befestigt; sie umschlingt die Rolle N des einen Drehkolbens, geht hierauf um die Rolle D auf der Krahnsäule, alsdann um die Rolle O des 2. Kolbens, worauf das Ende ebenfalls an der Grundplatte befestigt ist. Auf diese Weise arbeiten die beiden einfach wirkenden Dreh-Zylinder wie ein einziger doppelt wirkender, indem der eine Kolben zurück gezogen wird, wenn der andere vorwärts geht. Der Wirkungsgrad dieses Krahns ist $\eta = \eta_l^2 (\eta_f) \eta_k$ und kann bei 4 Rollen im Flaschenzug zu 65 % angenommen werden.

*) Armengaud, Public. industr. Vol. XII und XVI.

Zur Vermeidung von Stössen, zu welchen die Unelastizität des Wassers bei verfrühtem Schluss der Schieber-Kanäle Veranlassung geben würde, sind die Steuerungs-Vorrichtungen bei hydraul. Hebe-Maschinen mit Sicherheits-Ventilen zu versehen, wie aus Fig. 121 hervor geht, welche den Steuerungs-Apparat eines doppelt wirkenden Hebe-Zylinders darstellt, bezw. von 2 einfach wirkenden, wie sie zur Drehung des Krahns Fig. 120 angewendet sind. Das durch *a* zugeführte Betriebs-Wasser wird durch den Schieber *e* (oder Ventile) abwechselnd den Zylinder-Kanälen *c* oder *d* zugetheilt und entweicht durch *b*. Durch die beiden Sauge-Ventile *s* wird, zur Verhütung der Bildung eines luftleeren Raumes im Zylinder, etwas Wasser aus dem Abgangsrohre *b* angesaugt, wenn bei frühem Schluss des Zuführungs-Kanals der Kolben durch seine lebendige Kraft noch etwas weiter geht. Durch die Druck-Ventile *p* wird dagegen etwas Wasser aus dem Zylinder nach dem Akkumulator zurück gepresst, um den Stoss zu vermeiden, welcher beim Abschluss des Ablauf-Kanals der Kolben vermöge seiner erlangten Geschwindigkeit ausüben würde. —

Fig. 121.

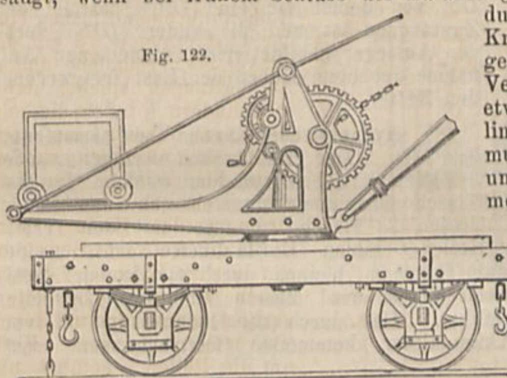


Fig. 122.

6. Rollkrahne unterscheiden sich von den festen Krahnen wesentlich nur in der Montirung des Krahn-Gestells auf einem, durch ein Kontre-Gewicht abbalanzirten, 4 rädrigen Wagen, der auf Schienengleis läuft. Das Kontre-Gewicht wird entweder so angebracht, dass dasselbe eine konstante Wirkung ausübt, oder (bei Krahnen, welche für stark wechselnde Lasten dienen) für variable Wirkung eingerichtet; die Veränderlichkeit wird durch eine Verschiebung des Gewichts auf einer Rollbahn, wie beispielsw. in Fig. 122, oder auf Gleitstangen, Schraubenspindeln etc., bewirkt; ausser dem ist Anklammerung des Wagens an die Schienenbahn bei Belastung des Krahns durch schwere Lasten erforderlich. —

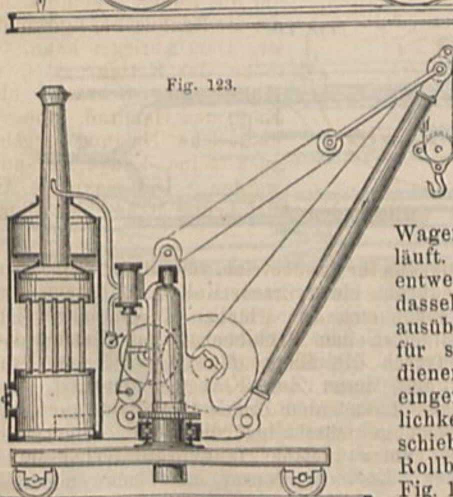
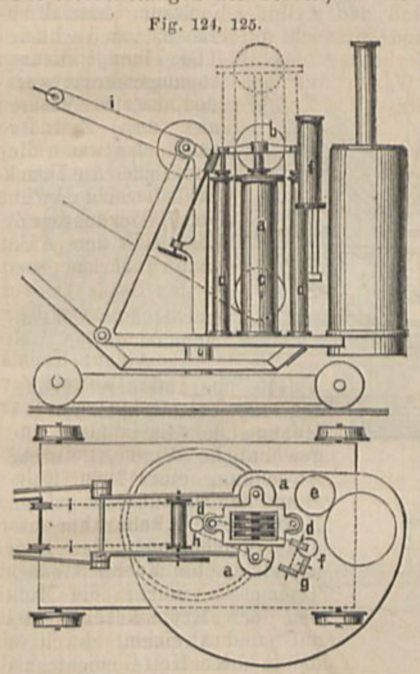


Fig. 123.

7. **Dampfkrahne.** Häufig werden die Rollkrahne auch als Dampfkrahne*) ausgeführt, Fig. 123, in welchem Falle der stehende Dampfkessel gleichzeitig als Gegengewicht dient. Die schnell gehende Dampfmaschine (100—150 Umdreh.) bewirkt hier durch ein doppeltes Vorgelege die Drehung der Kettentrommel und durch ein Schrauben-Rad die Drehung des Auslegers. Zuweilen wird auch die Transport-Bewegung des Krahns durch eine in der Achse der Krahnsäule angeordnete stehende Welle mit konischen Rädern vermittelt. —

8. **Dampf-Rollkrahn****) **mit direkter Dampfwirkung,** Fig. 124, 125. Die Kolbenstangen der beiden, auf der drehbaren Plattform ruhenden Dampfzylinder *a* (0,40^m Drchm., 1,8^m Hub) tragen eine 3rollige Flasche *b*, deren zugehörige Flasche *c* zwischen den Zylindern befestigt ist, so dass der Kolbenhub einen 6fachen Hub der Last erzeugt. 2 mit der Traverse *b* verbundene, andere Kolbenstangen spielen dabei in Zylindern *d*, indem sie beim Aufgange Wasser aus dem Reservoir *e* ansaugen, welches beim Niedersinken der Last zur Bremsung dient. Die Drehung des Krahns wird durch die Aufwärts-Bewegung des in dem Zylinder *f* beweglichen Dampfkolbens hervor gerufen, indem eine mit dessen Traverse verbundene Kette um die Rollen *g* geführt und um die Krahnsäule *l* gewunden ist. Dem Ausleger kann, vermöge des Kettenzugs *i*, mit Hülfe einer Schraube ohne Ende und Handrad, eine veränderliche Neigung gegeben, auch seine Länge verändert werden. Die maximale Ausladung beträgt bei der vorliegenden Ausführung 10,5^m, der Dampfdruck 6,5 bis 8,5 Atm. —

Fig. 124, 125.

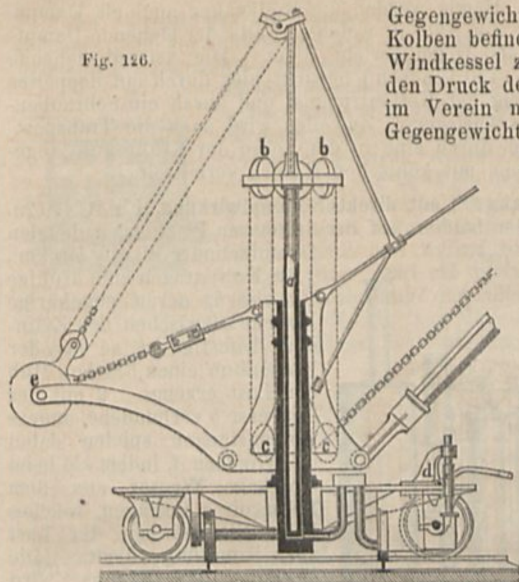


9. **Hydraulischer Rollkrahn für Handbetrieb, von Ritter*****). In der hohlen Krahnsäule bewegt sich ein hydraul. Kolben *a*, dessen obere Traverse 3, unter 120° gegen einander gestellte Rollen *b* trägt, die, zusammen mit den 3 Rollen *c*, einen Flaschenzug mit 6facher Hub-Vergrösserung bilden. Durch die Handpumpe *d* wird das Druckwasser aus einem Windkessel unter den Kolben *a* gepresst, dessen Aufsteigen die Hebung der Last zur Folge hat, welche gleichzeitig durch das Sinken des Gegengewichts *e* befördert wird. Beim Sinken der Last presst dieselbe, unter gleichzeitiger Wiedererhebung des

---

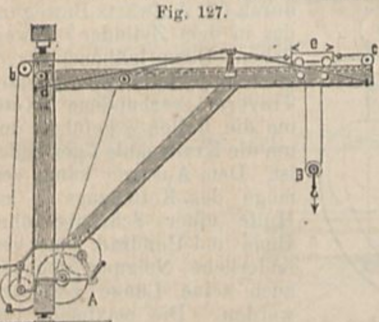
*) Zeitschr. f. Bauwesen. 1868; Der praktische Maschinen-Konstrukteur. 1873. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1872.
**) Engineer. 1867 u. 1870. Zeitschr. für Bauwesen. 1868.
***) Zeitschr. für Bauw. 1868.

Fig. 126.



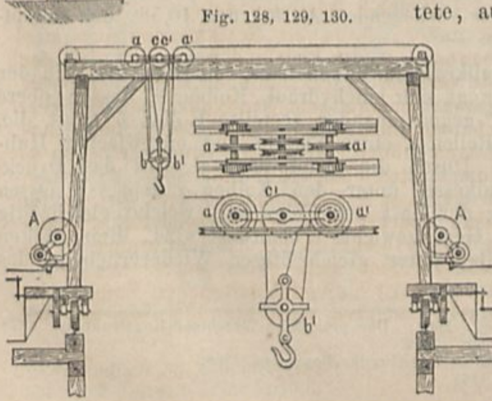
Gegengewichts, das unter dem Kolben befindliche Wasser in den Windkessel zurück, so dass durch den Druck der komprimirten Luft, im Verein mit dem Sinken des Gegengewichts, das selbstthätige Aufgehen der unbelasteten Kette herbei geführt werden kann, wenn es sich darum handelt, Lasten zu senken. Die Pumpe kann so umgesteuert werden, dass sie Wasser aus dem Zylinder saugt, wenn man die Kette zum Aushaken schlaff machen will. Den Wirkungsgrad dieses Krahns wird man i. M. zu $\eta = \eta_l\ (\eta_f)\ \eta_k\ (\eta_k)\ \eta_h$ höchstens = 0,60 annehmen dürfen. —

Fig. 127.



10. Der Giesserei-Krahn, Fig. 127, gestattet, ausser der Hebung der Last durch die gewöhnliche Winde A, unter Anwendung einer losen Rolle B und der Drehung des ganzen Krahn-Gestells, noch eine radiale Verschiebung der Last mittels der besonderen Winde-Trommel a, welche beide Enden der Kettenleitung $b\,c\,d$ auf- und abwickelt, so dass die in diese Kette eingeschaltete, auf Schienen des Auslegers rollende Katze e in der einen oder andern Richtung sich bewegt, je nach dem Drehungssinne der Trommel a. Letztere muss beim Aufwinden der Last durch ein Sperrad fest gestellt werden, um einem unbeabsichtigten Verschieben der Last durch den einseitigen Kettenzug zu begegnen. —

Fig. 128, 129, 130.



11. Der Bockkrahn, Fig. 128—130, findet bei fester Aufstellung, etwa auf Bahnhöfen zum Verladen und als Rollkrahn zum Versetzen von schweren Werkstücken bei Bauten vielfache Anwendung. Die Eigenthümlichkeit des Krahns besteht in der Anwendung von 2 Winden *A* und *A*, deren Ketten so über die Rollen *a b c*, bezw. *a' b' c'* geführt sind, dass für jede Winde die Wirkung eines 3rolligen Flaschenzugs erreicht wird. Der Nutzeffekt jeder Winde (bei einfachem Vorgelege) kann daher im Durchschnitt zu $\eta = \eta_f\, \eta_e\, \eta_t\, \eta_z$ = etwa 78 % angenommen werden. Zum vertikalen Heben und Senken der Last sind beide Winden gleichzeitig vorwärts oder rückwärts zu drehen. Vorwärtsdrehen der einen und Rückwärtsdrehen der anderen Winde bewirkt eine Horizontal-Bewegung der Last nach der aufwindenden Seite hin, bei Drehung einer einzigen Winde steigt oder sinkt die Last in schräger Richtung. —

Fig. 131.

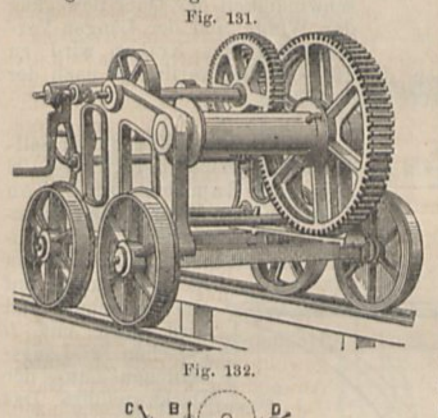


Fig. 132.

Für Zwecke der Werkstein-Verkleidung von Façaden bei Hochbauten wird die Stelle des eben beschriebenen Bock-Krahns meist durch eine fahrbar eingerichtete Bock-Winde, Fig. 131, vertreten, eine Einrichtung, welcher fälschlich vielfach die Bezeichnung „Laufkrahn" beigelegt zu werden pflegt. —

12. Der Laufkrahn, Fig. 132, erhält für Bauzwecke eine hölzerne Brücke *AA*, in Montirungs-Werkstätten dagegen eine solche von Schmiedeisen. Von den 3 Kurbeln dient *B* zum Heben der Last, *C* zum Verfahren der Winde auf der Brücke, *D* zum Verschieben der Brücke auf den Bahnen *F*. Zu letzterem Zwecke muss immer auf jeder Seite ein Laufrad bewegt werden, weil bei dem zur Länge *l* der Brücke geringen Radstande im andern Falle ein Festklemmen unvermeidlich ist. Man pflegt deswegen an der Brücke der ganzen Länge nach eine Betriebswelle *G* mit verschiebbarem Rade zu lagern. Zuweilen wird das in Fig. 132 fahrbar eingerichtete Windewerk auf dem einen Ende der Brücke fest angeordnet (Bd. III S. 540); diese Konstruktion ist besonders dann üblich, wenn die Brücke eine grosse Weite überspannt und die Lasten bedeutende sind. —

Da die Bewegungen der Last bei Handbetrieb sehr langsam vor sich gehen, so hat man in neuerer Zeit zur Erreichung grösserer Leistungen mit Vortheil Dampfbetrieb für die Laufkrahne in Anwendung gebracht. Man bedient sich dabei eines mit grosser Geschwindigkeit (bis 25 m pr. Sek.) laufenden schwachen Baumwollen-Seils*) (10 bis 15 mm stark), welches, nach Fig. 133, von der Seil-

*) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1868. Hartig, Versuche über Leistungen und Arbeitsverbrauch der Werkzeug-Maschinen.

scheibe *A* der Betriebs-Welle aus über die auf der Brücke *K* auf gestellten, horizontalen Rollen *B*, *C*, *D* und *E* nach der mit Spann-Vorrichtung versehenen Scheibe *F* und von da zurück nach *A* geführt ist. Die auf dem Winde-Wagen befindlichen Rollen *H* und *I* können dabei in jeder Lage von dem stetig laufenden Seile in Umdrehung gesetzt werden, und geschieht von *H* aus die Hebung der Last, von *I* aus die Versetzung der Winde und von *E* die Transportirung der Brücke; sämmtliche 3 Bewegungen können hierbei gleichzeitig geschehen. Die Geschwindigkeit der Quer-Bewegung der Winde und der Längen-Verschiebung des Krahns wird zu etwa 0,15m pr. Sek. angegeben, die Hub-Geschw. variirt, je nach der Grösse der Last, zwischen 0,008 und 0,033 m. —

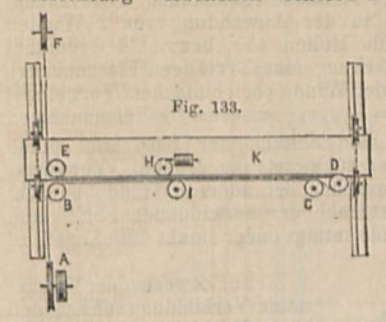


Fig. 133.

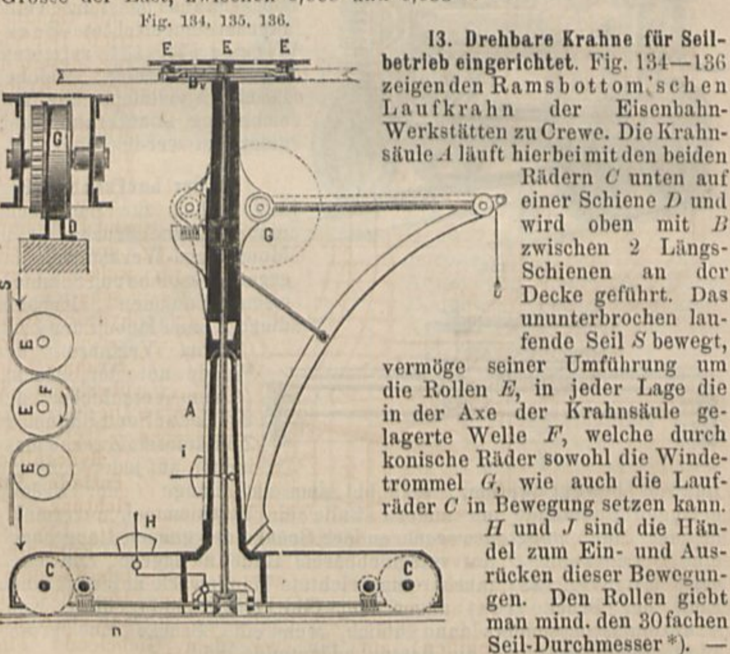


Fig. 134, 135, 136.

13. Drehbare Krahne für Seilbetrieb eingerichtet. Fig. 134—136 zeigen den Ramsbottom'schen Laufkrahn der Eisenbahn-Werkstätten zu Crewe. Die Krahnsäule *A* läuft hierbei mit den beiden Rädern *C* unten auf einer Schiene *D* und wird oben mit *B* zwischen 2 Längs-Schienen an der Decke geführt. Das ununterbrochen laufende Seil *S* bewegt, vermöge seiner Umführung um die Rollen *E*, in jeder Lage die in der Axe der Krahnsäule gelagerte Welle *F*, welche durch konische Räder sowohl die Windetrommel *G*, wie auch die Laufräder *C* in Bewegung setzen kann. *H* und *J* sind die Händel zum Ein- und Ausrücken dieser Bewegungen. Den Rollen giebt man mind. den 30fachen Seil-Durchmesser*). —

6. Maschinelle Einrichtungen zur Kohlen-Verladung**).

Die Mannigfaltigkeit derartiger Einrichtungen ist eine sehr grosse, da dieselben von lokalen Verhältnissen wesentlich mit bedingt sind; nur einige wenige Verkehrungen sollen hier berührt werden.

*) Vergl. hierzu auch die Bemerkungen Bd. III. S. 539.
**) Deutsch. Bauzeitg. 1877 und Zeitschr. f. Bauw. 1878.

Es ist zu unterscheiden zwischen: a) Einrichtungen, welche zum Entladen von Kohlen-Schiffen dienen und b) Einrichtungen, welche zum Ueberladen der Kohle von Eisenbahn-Fahrzeuge in Schiffs-Gefässe benutzt werden.

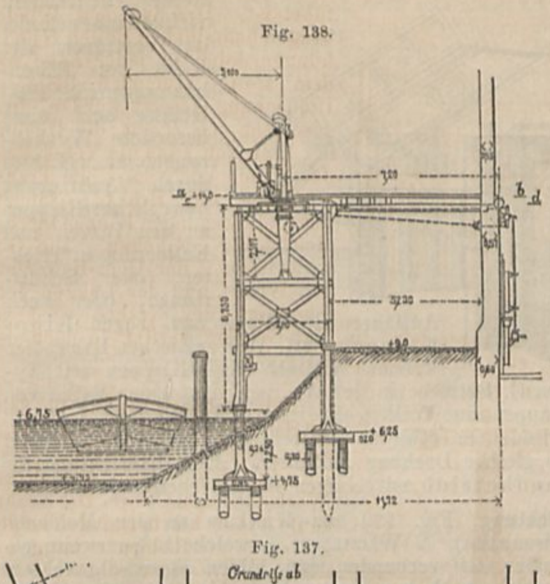


Fig. 138.

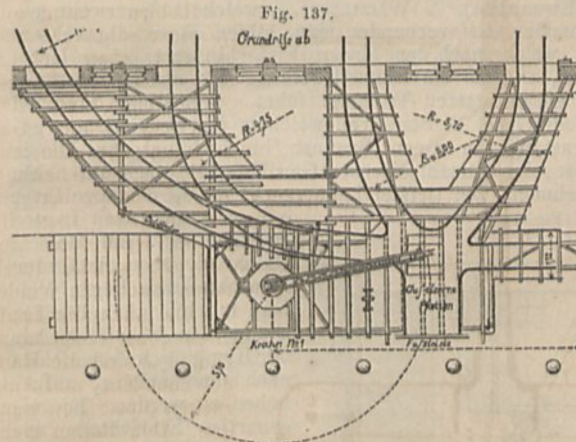
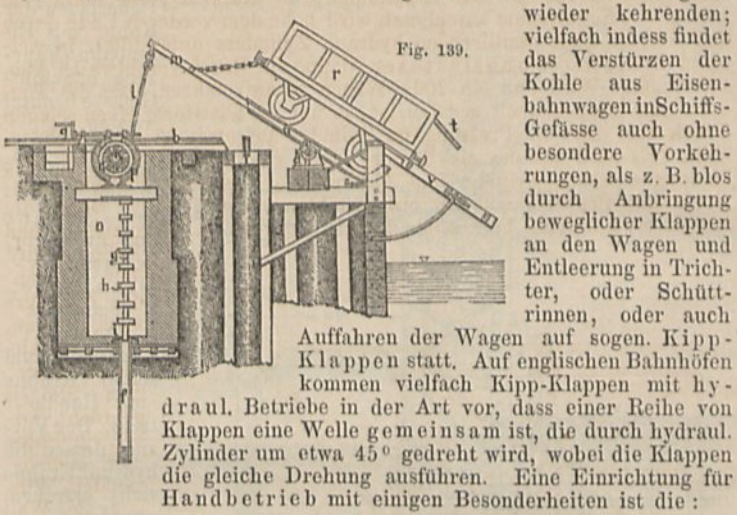


Fig. 137.

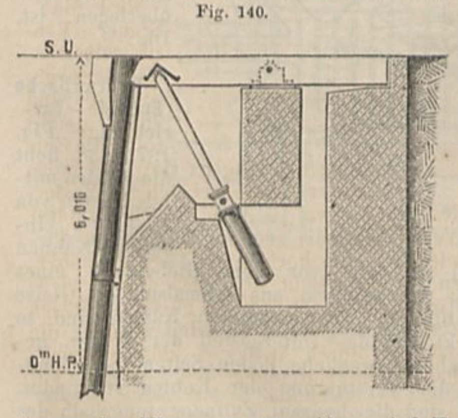
Für den Zweck sub a dienen Ausleger-Krahne und zwar vorwiegend hydrauiische, demnächst Dampfkrahne und selten Krahne mit Handbetrieb. Der Vorzug, dessen die hydraul. Krahne sich erfreuen, gründet sich auf die grosse Einfachheit von Konstruktion und Bedienung, hinsichtlich welcher Eigenschaften der hydraul. Krahn allen andern Krahn-Arten überlegen ist. Die:

Hydraulische Entlade-Vorrichtung, Fig. 137, 138 hebt die Kohlen mittels Kästen von 15 — 20 z. Inhalt aus Kähnen (event. grösseren Schiffen) auf ein vor dem Giebelende eines Magazins erbautes Plateau, von welchem aus schmalspurige Gleise ins Innere des Gebäudes führen. Die erwähnten Kästen sind so eingerichtet, dass sie direkt auf das Untergestell der Wagen gestellt werden können; sie haben bewegliche Boden-Seiten- oder Endklappen mit Hülfe deren die Verstürzung der Kohlen stattfindet. Der Frost-Sicherheit wegen sind die hydraul. Zylinder innerhalb des Gebäudes an der Wand stehend, angeordnet. Zu gleichem Zwecke ist es sehr nützlich dem Druckwasser einen Antheil von etwa 10 % Spiritus zuzusetzen. —

Für die Beladung von Schiffs-Gefässen mit Kohle sind die hydraulisch betriebenen Einrichtungen ebenfalls die am häufigsten wieder kehrenden; vielfach indess findet das Verstürzen der Kohle aus Eisenbahnwagen in Schiffs-Gefässe auch ohne besondere Vorkehrungen, als z. B. blos durch Anbringung beweglicher Klappen an den Wagen und Entleerung in Trichter, oder Schütt-rinnen, oder auch Auffahren der Wagen auf sogen. Kipp-Klappen statt. Auf englischen Bahnhöfen kommen vielfach Kipp-Klappen mit hydraul. Betriebe in der Art vor, dass einer Reihe von Klappen eine Welle gemeinsam ist, die durch hydraul. Zylinder um etwa 45° gedreht wird, wobei die Klappen die gleiche Drehung ausführen. Eine Einrichtung für Handbetrieb mit einigen Besonderheiten ist die:


Fig. 139.

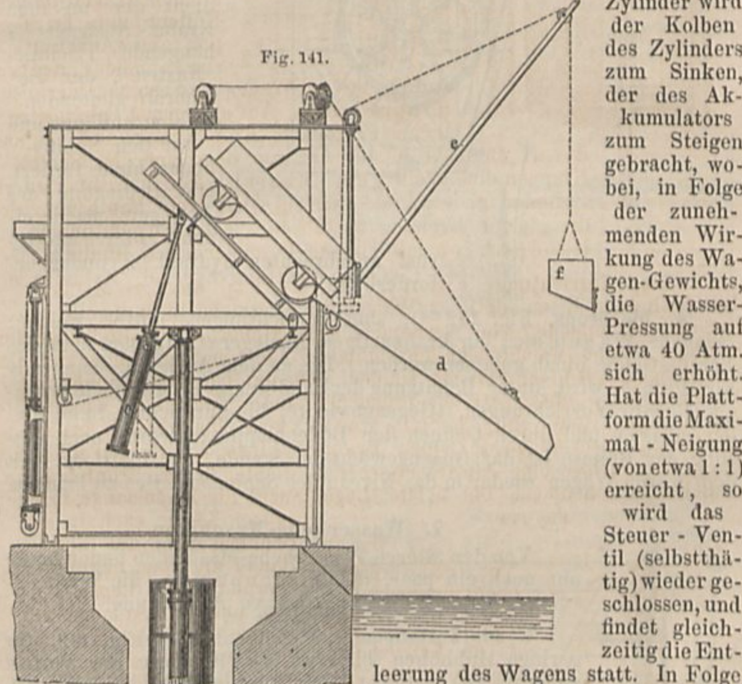
I. Kipp-Vorrichtung, Fig. 139; zu Kralup an der Moldau*) (Buschtehrader Eisenbahn). 2 Walzträger *a*, welche in Spurweite gelegt und mit einander steif verbunden sind, bilden die um die Achse *d* drehbare Klappe, welche nach dem hintern Ende hin durch einen Hebel *m* verlängert wird, an dem ein Haltseil befestigt ist, das zu einer mit Bremsscheibe *p* ausgestatteten Trommel führt. Auf diese Trommel legt sich das Ende eines 2. Seils von welchem eine konisch aus geschmiedete Eisenstange in einen Brunnen hinab hängt; auf dieser Stange steckt lose eine Anzahl eiserner Gewichte, die nach unten hin an Schwere zunehmen. Bei tiefster Lage taucht die Eisenstange ihrer ganzen Länge nach in den Brunnen ein, auf dessem Rande die oben erwähnten Gewichte dann liegen bleiben, um, beim Anheben der Stange, in Folge Kippung der Klappe, wiederum, eins nach dem andern, aufgehoben zu werden. Die eigenartige Einrichtung des Gegengewichts hat den Zweck, der bei vermehrter Kippung zunehmenden Fall-Beschleunigung der Klappe soweit entgegen zu wirken, dass die Bremskraft möglichst konstant bleiben kann. Um ein heftiges Aufstossen der Klappe zu vermeiden, sind Federn *s* unter dem kürzeren Arm der Klappe angeordnet. — Unter günstigen Umständen sollen in 10 Stunden 60 Wagen à 200 Kohlen übergeladen werden können.

Fig. 140.


*) Zeitschr. d. östr. Ingen.- u. Archit.-Vereins 1869.

2. Selbstthätige hydraulische Kipp-Vorrichtung von Rohde und Schmitz, Fig. 140*). Die Kippklappe, an die sich vorderseitig eine bewegliche Schüttrinne anschliesst, wird nahe dem vorderen Ende durch den Kolben eines oszillirenden hydraul. Zylinders unterstützt, in welchem Zylinder bei unbelasteter Klappe ein Druck von etwa 16 Atm. stattfindet. Wird nun ein 200 z Wagen so aufgefahren, dass die Tendenz zum Kippen wach gerufen ist, so übt die Plattform einen solchen Druck aus, dass die Pressung im Zylinder auf etwa 25 Atm. sich erhöht. Es wird alsdann ein Steuer-Ventil geöffnet, welches die Verbindung zwischen Zylinder und Akkumulator herstellt, in welch letzterem eine Pressung von nur etwa 20 Atm. vorhanden ist. Durch die sonach etwa 5 Atm. betragende Druck-Differenz in Akkumulator und Zylinder wird der Kolben des Zylinders zum Sinken, der des Akkumulators zum Steigen gebracht, wobei, in Folge der zunehmenden Wirkung des Wagen-Gewichts, die Wasser-Pressung auf etwa 40 Atm. sich erhöht. Hat die Plattform die Maximal-Neigung (von etwa 1 : 1) erreicht, so wird das Steuer-Ventil (selbstthätig) wieder geschlossen, und findet gleichzeitig die Entleerung des Wagens statt. In Folge letzterer vermindert sich der Wasserdruck im Zylinder von 40 wieder auf etwa 16 Atm., welch letzterer Druck, nachdem das Steuer-Ventil abermals geöffnet worden ist, ausreicht, um die Kipp-Klappe wieder in die horizontale Lage zu heben, bezw. in derselben zu erhalten. — Es ersieht sich, das die Vorrichtung immer mit demselben Druckwasser arbeitet; es gilt das indessen nur so lange, als Wagen von 200 z Ladegewicht entladen werden; die Entladung kleinerer Wagen ist nur durch Auslassen kleiner Druckwasser-Mengen zu ermöglichen. Die Entladung von 1 Wagen soll 6—8 Min. Zeit erfordern. —

Fig. 141.



3. Kipp-Vorrichtung mit mehren hydraul. Zylindern, Fig. 141*), in englischen Häfen gebräuchlich. Nachdem der in Kaimauer-Höhe an-

*) Deutsch. Bauzeitg. 1878.

kommende Kohlenwagen auf die Plattform gefahren ist, wird diese durch den zentral gestellten hydraulischen Hebekolben *C* in die dem jeweiligen Wasserstande entsprechende Höhe gehoben, alsdann durch den 2. Zylinder *c* so weit gekippt, dass die Kohlen durch die Sturz-Rinne *d* nach der Schiffs-Luke gleiten. — Um die Zerbröckelung der Kohlen durch freies Hinabfallen zu verhindern, dient der an dem Krahn-Ausleger *e* hängende Trichter-Kasten *f*, der die herab gleitenden Kohlen auffängt und auf den Schiffsboden hinab fördert. Die Bedienung des Auslegers macht einen 3., hinten am Gerüst angebrachten hydraul. Zylinder erforderlich. —

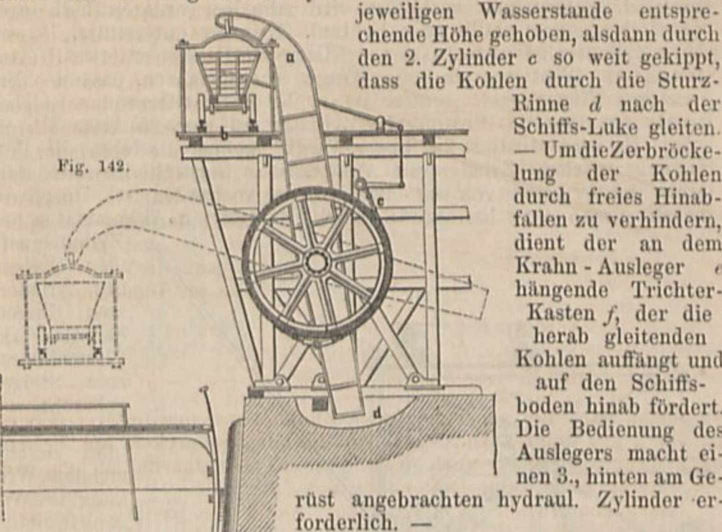


Fig. 142.

4. Die Drops, Fig. 142**), sind Vorrichtungen, mittels welcher beladene Wagen etc., an krahnartigen Auslegern aufgehängt, in das Schiffs-Gefäss hinab gelassen werden. Die an dem Ausleger *a* hängende Plattform *b*, wird, unter Benutzung der Bandbremse *c*, oder noch sonstiger Regulir-Vorrichtungen, (Gegengewichte) bis zur Schiffs-Luke nieder gelassen und durch Oeffnen der Bodenklappe entleert; nach Lösung der Bremse ist das Gegengewicht im Stande, die Plattform mit dem leeren Wagen wieder in das Niveau des Schienengleises zu bringen.

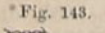


*Fig. 143.

7. Wasserhebe-Maschinen.

Von den älteren Wasserhebe-Maschinen finden heute nur noch ein paar, die Kettenpumpe, die Wasserschnecke und das Schöpfrad Anwendung.

1. Die Kettenpumpe, Scheibenkunst, Fig. 143, für geringe Hubhöhen (bis etwa 3^{m}, da sonst der Verlust zu gross ist) geeignet. Die Röhre ist 120—150^{mm} weit, die Scheiben, welche in Abständen von 0,8—1,0^{m} stehen, gehen mit Spielraum von 2—3^{mm}, um Reibung zu vermeiden. Der Effekt ist nur bei grösserer Geschwindigkeit befriedigend, doch passt die Maschine gut für Flüssigkeiten von breiartiger Beschaffenheit (Torfmodder, Jauche etc.) ***) —

2. Die Wasserschnecke (Tonnenmühle), Fig. 144, wird in Längen bis etwa 8^{m} ausgeführt und giebt einen hohen Nutzeffekt (0,75). Der Mantel-Durchm. ist 0,6 bis 1,0^{m}, selten mehr. Die Spindel hat etwa ⅙ des

*) Deutsch. Bauzeitg. 1877; Zeitschr. f. Bauw. 1878.
**) Deutsch. Bauzeitg. 1877; Zeitschr. f. Bauw. 1878.
***) Weisbach, Ingen.- u. Masch.-Mechanik, Th. III.

Mantel-Durchm. zur Stärke. Man wendet meist 3gängige Schrauben (am besten aus Eisenblech) an. Damit die Schnecke überhaupt funktionirt, muss $\alpha + \beta < 90°$ sein (unter α den Steigungswinkel der Schraubengänge und unter β die Neigung der Spindel gegen den Horizont verstanden).

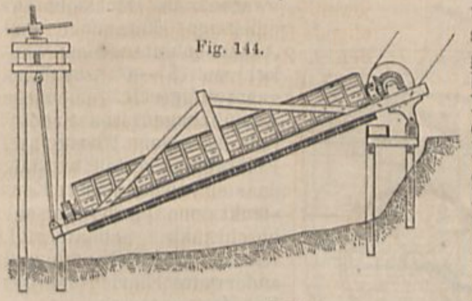


Fig. 144.

Ist n die Gewindezahl, a die Ganghöhe, r der Mantel-Halbm. (innerer) und ϱ derjenige der Spindel, so hat man (nach Köpcke) das Wasser-Quantum pr. Umdrehg.:

$$Q = n a F \left[\frac{\pi}{2} - arc\,(\alpha + \beta)\right], \text{ worin:}$$

$$F = r^2\left(\frac{\pi}{2} + arc.\,sin\,\frac{\varrho}{r}\right) + \varrho\sqrt{r^2 - \varrho^2} - \varrho^2 \pi$$

zu setzen ist. Bei einer gewissen Eintauchung des unteren Endes (½ bis ⅔ des unteren Durchm.) arbeiten die Schnecken am besten, doch fördern dieselben auch Wasser, wenn sie ganz eintauchen, also am unteren Ende keine Luft eintritt. —

Nach den Angaben von Kröhnke*) wählt man passend $\alpha = 45°$, $\beta = 30°$, $\varrho = \frac{1}{3} r$, und soll man am besten bei einem Mantel-Halbm. $r = 0{,}088^m$ bis $1{,}168^m$ 4gängige und bei $r > 1{,}168^m$ 5gängige Schnecken anwenden. Dabei ergiebt sich die Fördermenge pro Umdrehung zu $Q = 2{,}0048\, r^3$ bei 4gängigen und $Q = 2{,}1084\, r^3$ bei 5gängigen Schnecken. Nach den Angaben desselben Autors soll die Umfangs-Geschw. des Mantels zu 2,2 bis höchstens $2{,}25^m$ pr. Sek. angenommen werden und ein Wirkungsgrad von 0,84 erreichbar sein**).

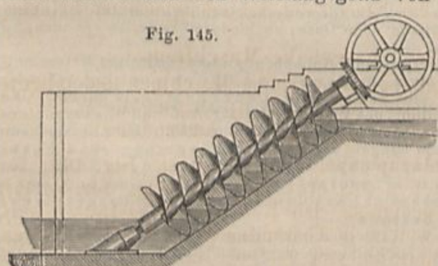


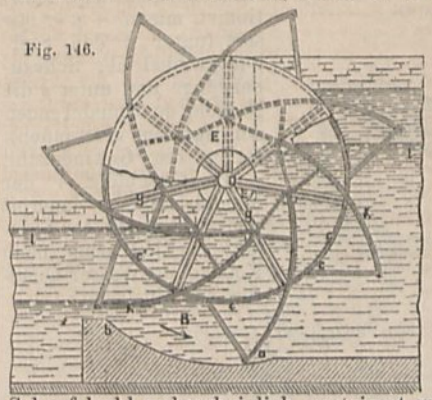
Fig. 145.

3. **Die holländische Wasserschraube**, Fig. 145, giebt bei nicht zu grosser Hubhöhe guten Effekt. Der Zwischenraum zwischen den Gängen und dem Mantel betrage nicht über 5 mm, da sonst der Verlust durch Zurückfliesssn zu gross wird. Neigung der Achse gegen den Horizont etwa 30°, Steigungs-Winkel der Gänge an der Spindel etwa 35°, am Umfange etwa 70—75° gegen die Achse***). —

4. **Das Schöpfrad.**†) Das früher in Holz, neuerdings in Eisen ausgeführte Rad ist einem Kopfrade ähnlich. Gewöhnlich durch Wind getrieben, durchlaufen die geraden Rad-Schaufeln mit möglichst dichtem Schluss den Kropf, das Wasser auf denselben hinauf schiebend. Der Rad-Durchm. ist $4-8^m$, die Hubhöhe des Wassers im Max. $3{,}0^m$, die

*) Deutsch. Bauzeitung. 1876.
**) Ueber eine eiserne Wasserschnecke: Annal. d. ponts et chaussées. 1843.
***) Zeitschr. d. Hann. Archit.- u. Ingen.-Ver. 1860.
†) Zeitschr. f. Bauw. 1872; Deutsch. Bauzeitg. 1876; Polytechn. Centr.-Blatt 1869.

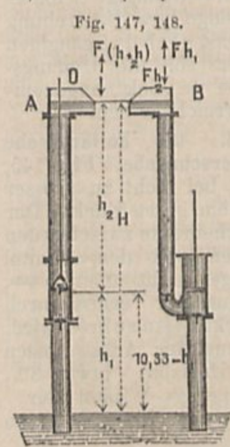
Radbreite von 0,60—1,20m; die Umf.-Geschw. darf 2,5 m nicht überschreiten. — Die Schaufeln, welche in der Zahl bis etwa 25 vorkommen, werden, mit Rücksicht auf günstiges Eintauchen und Ausheben unter einem Winkel von 75—60° zur Tangente aufgesetzt. In neueren Ausführungen ist das Schöpfrad als sogen. Pumprad, Fig. 146, hergestellt worden, das sich von den älteren Konstruktionen durch eine sehr beschränkte Schaufelzahl, Krümmung d. Schaufeln und anderweite Einrichtung des Kropfes unterscheidet. — Der Effekt dieser Räder ist 70—80 %; derselbe würde durch Vermehrung der Schaufelzahl wahrscheinlich gesteigert werden. Der in der Fig. angedeutete Kranz *c* wird nur für grosse Hubhöhen angewendet.


Fig. 146.

Dicht oberhalb des Schöpfrades ist ein Stemmthor-Paar anzubringen, das sich selbstthätig schliesst, sobald das Rad zum Stillstand kommt. —

Die Pumpen.*) Allgemeines. Die Saughöhe h_1, Fig. 147. 148, wähle man möglichst unter 8 m; besonders gilt dies bei engen Röhren und grösserer Entfernung des Brunnens von der Pumpe, da für die Widerstände in der Saugleitung nur die Höhe 10,336 m — h_1 disponibel ist. Die Weite der Röhren ist so zu bemessen, dass das Wasser höchstens mit 1 m Geschw. sich bewegt. Bei den Saugröhren sind alle Luftsäcke (höchste Stellen, in denen sich frei werdende Luft ansammeln kann), durch welche die Wirkung der Pumpe beeinträchtigt wird, sorgfältig zu vermeiden, daher den Saugröhren durchgängig eine geringe Steigung nach der Pumpe hin zu geben ist. Für warme, oder kohlensäurehaltige Flüssigkeiten reduzirt sich die theoretische Saughöhe um die Spannkraft der Dämpfe oder Gase; siedendes Wasser ist gar nicht zu saugen. —

Fig. 147, 148.



Auf grössere Hubhöhen fördert man das Wasser entweder durch die Saug- und Hubpumpe, Fig. 147· oder durch die Saug- und Druckpumpe, Fig. 148. Die Vertheilung des Widerstandes für Auf- und Niedergang des Kolbens ist aus der Figur ersichtlich. Im allgem. kann man die Regel aufstellen: Hubpumpen sind anzuwenden, wenn der Motor in der Nähe des oberen Wasserspiegels, Druckpumpen, wenn derselbe näher dem unteren Wasserspiegel sich befindet. —

Das Wasserquantum einer einfach wirkenden Pumpe vom Kolben-Querschnitt F und Kolbenhub l beträgt p. Sek. $Q = \alpha \frac{Fv}{2} = \alpha \frac{n}{60} Fl$, wenn n die Anzahl der Doppelhübe (Umdreh.) p. Min. und $v \left(= \frac{2\,n\,l}{60}\right)$ die Kolben-Geschw. p. Sek. ist. Bei doppelt wirkenden Pumpen ist $Q = \alpha F v$.

Es ist α, wegen der Verluste durch undichte Schlüsse und träges Schliessen der Ventile, zu 0,90 bis 0,80 zu nehmen, je nach der mehr oder minder guten Aufführung. Dieser Koeffizient kann aber bei schnellem Gange (wegen der lebendigen Kraft des im Saugrohr enthalten Wasserss) sogar > 1, daher auch die wirklich geförderte Wassermenge > die theoretische (Fv) werden; dies sind indess Ausnahmsfälle.

Die Kolben-Geschwindigkeit v nehme man zwischen 0,2 und 0,5 m u. z. die kleineren Werthe für grössere Förderhöhen. Die Anzahl der Doppelhübe pflegt man bei grösseren Pumpen meist < 30 zu nehmen, doch lässt man zuweilen kleinere Dampf-

*) Weisbach, Ingen.- u. Maschinen-Mechanik. Th. III.

pumpen beträchtlich mehr als 100 Doppelhübe machen. Die Lokomotiv-Speisepumpen z. B. machen eben so viel Doppelhübe als die Triebachse Umdrehungen.

Windkessel setzt man in die Steig- (Druck-) Röhren bei schnellem Kolbengange und grosser Förderhöhe, um: 1. die Wasserbewegung gleichförmig zu machen, 2. Arbeitsverluste zu umgehen und 3. Stösse zu vermeiden, welche aus der alternirenden Kolben-Bewegung hervor gehen. Aus denselben Gründen setzt man in die Sauge-Leitungen bei grosser Hubzahl Sauge-Windkessel (negative genannt, weil die Spannung in ihnen $<$ Atm.-Druck ist); doch wird durch die Sauge-Windkessel die mögliche Saughöhe um die Spannung im Windkessel (in Atm. ausgedrückt) verringert, indem der Sauge-Windkessel wie ein Luftsack wirkt. In demselben ist die genügende Luftmenge immer ohne Zuthun enthalten; aus dem Druck-Windkessel verschwindet die Luft dagegen allmälig und muss zeitweilig erneuert werden, was durch Oeffnen eines kleinen Lufthahns im Saugerohr jeder Zeit geschehen kann, wenn die eintretenden Stösse die Nothwendigkeit davon bekunden. — Alle Windkessel, im Druckrohre sowohl wie im Saugrohre, sind so nahe wie möglich an den Pumpen-Zylinder zu legen, weil die zwischen Kolben und Windkessel befindliche Wassermenge sich der Wirkung des Windkessels entzieht. —

Bei langen Saugröhren und grösserer Saughöhe ist ein Boden-Ventil (Rückfall-Ventil) im Brunnen gut, um das Ablaufen das Wassers während längeren Stillstandes der Pumpe zu verhindern. Möglichst bequeme Zugänglickeit der Ventile kann bei allen Pumpen nicht dringend genug empfohlen werden, will man vor zeitraubenden Unterbrechungen gesichert sein. —

Für Bau-Entwässerungen, bei welchen das Wasser Sandtheile oder Holz-Spähne mit sich führt, eignen sich Leder- oder Gummiklappen besser als Metall-Ventile, welche indess bei grossen Förderhöhen nicht zu umgehen sind. — Die Pumpen-Kolben dichtet man immer mit Hanf oder durch Leder-Manschetten, Metall-Liderungen sind bald verdorben. — Im Winter soll man das Ablassen des Wassers aus den Röhren über Nacht nicht versäumen. —

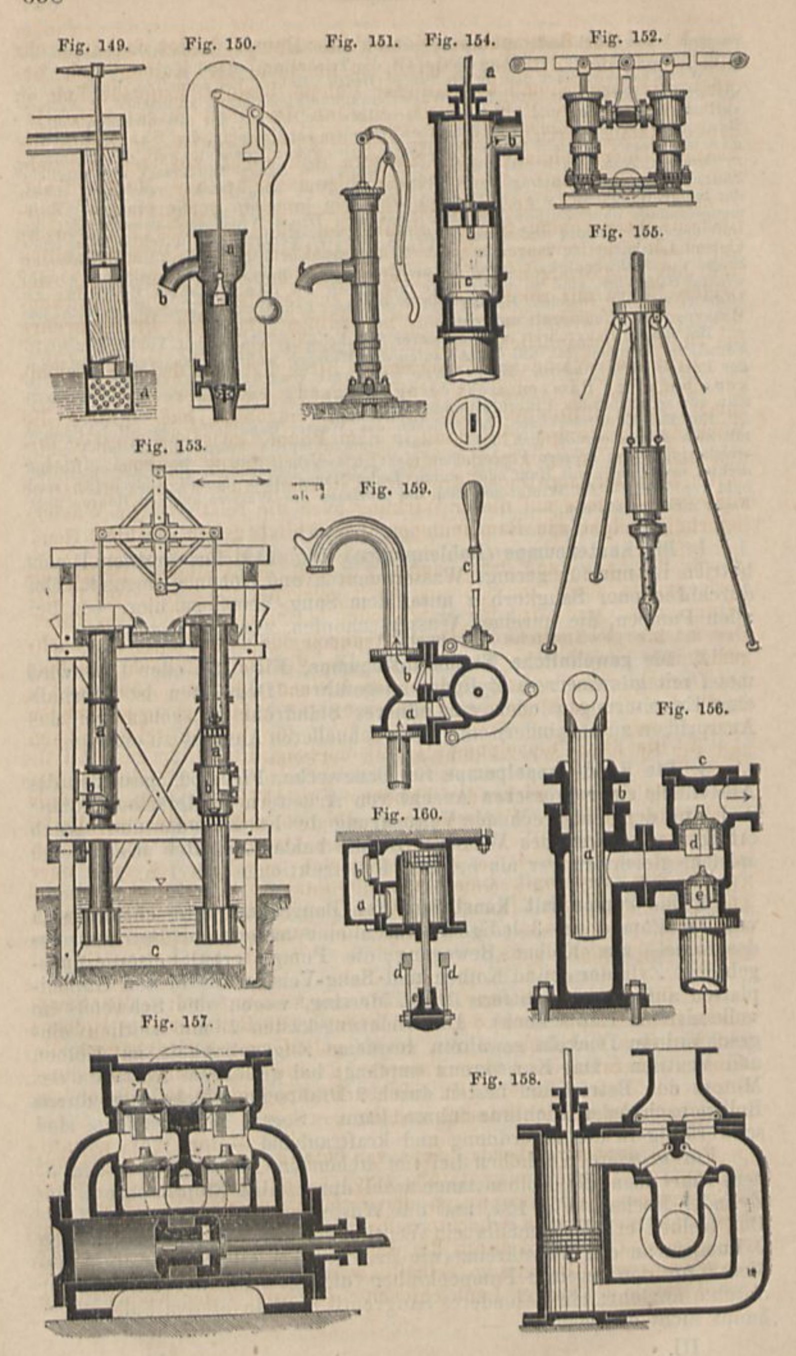
1. **Die Kastenpumpe** (Bohlenpumpe), Fig. 149, für direkten Handbetrieb ist nur für geringe Wasserquanten und Höhen genügend. Ein durchbrochener Saugkorb *a* unter dem Saug-Ventil ist hier, wie bei allen Pumpen, die unreines Wasser schöpfen, zweckmässig. —

2. **Die gewöhnliche Wirthschaftspumpe,** Fig. 150 oder 151, wird meist mit gusseisernem Zylinder ausgeführt. Demselben ist oberhalb eine Erweiterung *a* oder ein höheres Standrohr zu geben um das Ausspritzen zu verhindern und einen schnelleren Ausfluss zu erzielen. —

3. **Die Hand-Doppelpumpe** für Bauzwecke, Fig. 152, gestattet die Anstellung einer grösseren Anzahl von Arbeitern an derselben Pumpe und eine dem entsprechende Vermehrung des Förder-Quantums. Auch erfolgt der Abfluss des Wassers, da die beiden Zylinder abwechselnd spielen, gleichförmiger als bei den Konstruktionen sub 1 u. 2. —

4. **Die Pumpe mit Kunstkreuz** für Baugruben unterscheidet sich von der Pumpe sub 3 lediglich durch eine anderweite Betriebsweise des Hebels zur Kolben-Bewegung; die Pumpe erhält eiserne, ausgebohrte Zylinder *a* und Kolben und Saug-Ventile aus besten Gummiplatten auf eisernen Gittern (nicht Messing, wegen des Schwefels im vulkanisirten Kautschuck). Die Liderungskästen *b* mit seitlich eingeschraubten Deckeln gewähren bequeme Zugänglichkeit zu Kolben und Ventilen. Das Kunstkreuz empfängt bei grösserem Abstande des Motors den Betrieb am besten durch 2 Drahtseile, welche man durch Rollen nach jeder Richtung führen kann. Sogen. Feld-Gestänge sind schwerfällig in der Anordnung und kraftraubend. —

Für grössere Hubhöhen bei tief stehendem Motor (Wasser-Stationen) führt man die Kolbenstange wohl durch eine Stopfbuchse *a* des Zylinder-Deckels, Fig. 154, und das Wasser seitlich durch *b* zur Höhe. Der Kolben erhält ebenfalls ein Ventil, welches bei Anhängung von 2 Pumpen an ein Kunstkreuz (wie in Fig. 153) gleichzeitig als Saug-Ventil für den zweiten Pumpenkolben dienen kann, der das Wasser durch *b* anzieht; ein besonderes Saugventil *c* ist in diesem Falle überhaupt nicht erforderlich. —


Fig. 149.
Fig. 150.
Fig. 151.
Fig. 154.
Fig. 152.
Fig. 155.
Fig. 153.
Fig. 159.
Fig. 156.
Fig. 160.
Fig. 157.
Fig. 158.

5. **Bei der Rammpumpe** (Norton'sche Pumpe) bildet das Saugrohr gleichzeitig den Zylinder (Stiefel), in welchem der Kolben sich bewegt; die Eigenthümlichkeit dieser Pumpe besteht hauptsächlich in der Art, wie die Röhre durch eine an derselben direkt anzubringende Ramm-Vorrichtung, Fig. 155, eingetrieben wird. — Damit die kleinen Durchlochungen des Saugers sich nicht zusetzen, umgiebt man denselben mit einem feinmaschigem Siebe aus Messingdraht. Demselben Zwecke und gleichzeitig dem andern, verunreinigte Oberflächen-Wasser vom Sauger abzuhalten, dient es, das Pumpenrohr innerhalb eines entsprechend tief abgesenkten Eisenrohrs aufzustellen und den ringförmigen Zwischenraum zwischen den Wandungen der beiden Rohre mit reinem groben Kies zu verfüllen. — Durch Anwendung von Wasserspülung sind neuerdings derartige Brunnenrohre bis zu sehr beträchtlichen Tiefen eingesenkt worden. —

Brunnen, welche an Wassermangel litten hat man dadurch ergiebiger gemacht, dass man in dem Brunnenkessel über dem Wasserspiegel einen luftdichten Zwischenboden eingebaut hat. Durch die Wirkung der Pumpe wird dann in dem Raume zwischen diesem Boden und dem Wasserspiegel eine Luft-Verdünnung erzeugt, infolge dessen das unter dem Atmosphären-Druck stehende Aussenwasser intensiver zufliesst. Es mag auf dieser Wirkung auch die relativ reiche Wasserlieferung, welche die Rammpumpen thatsächlich geben, beruhen. —

6. **Die Saug- und Druckpumpe**, Fig. 156, dient allgem. als Kessel-Speisepumpe, sowie zur Speisung hoch gelegener Reservoire für Hausleitungen etc. und wird für Hand- oder Maschinenbetrieb ausgeführt. Der massive Plungerkolben *a* ist durch die jederzeit leicht nachzuziehende Stopfbuchse *b* gedichtet. Die Ventile sind nach Abnahme des Deckels *c* zugänglich, indem das kleiner gehaltene Saugventil *e* durch den Sitz des grösseren Steigventils *d* heraus gezogen werden kann. Diese Pumpen werden meist auch für hydraulische Pressen und zur Speisung der Akkumulatoren verwendet. —

7. **Die doppelt wirkenden Pumpen**, Fig. 157 und 158, sind zur Förderung grösserer Wassermengen geeignet und werden in diesen Ausführungen namentlich in Fabriken bei Dampfbetrieb angewendet. Bei grösserer Förderhöhe empfehlen sich metallene (Kegel- oder Klappen-) Ventile; für geringere Höhen (unter 12 ^{m}) wählt man Leder- oder Gummiklappen. Die Anordnung der Ventile bei doppelt wirkenden Pumpen wird in mannigfacher Weise getroffen, eine gedrängte Anordnung zeigt:

8. **Die Pumpe von Japy**, Fig. 159, 160. Hier sind *a* die Saugventile (Lederklappen) und *b* die Druckventile; die Bewegung des Kolbens geht von dem Handhebel *c* aus, dessen gabelförmiges Ende durch die beiden Lenkerstangen *d* der Traverse *e* eine horizontale hin- und hergehende Bewegung ertheilt. Diese Pumpe eignet sich besonders für kleinere häusliche Wasserleitungen. —

9. **Die doppelt wirkende Pumpe von Uhland**, Fig. 161, 162, ist mit einfachem Seilbetrieb ausgestattet, welcher sie besonders für solche Fälle geeignet macht, wo wegen der tiefen Lage des Wasserspiegels die Pumpe im Brunnen-Schachte selbst Aufstellung finden muss. Von dem Händel *a* aus wird durch die dünnen Drahtseile *b* dem Hebel *c c* eine schwingende Bewegung ertheilt, wonach der abwärts gerichtete Arm *d* durch die kurzen Lenkschienen *e* den Kopf *f* der Kolbenstange bewegt. —

10. Die Differential-Pumpe, Fig. 163, (von Kirchweger), ist ebenfalls doppelt wirkend, obwohl sie nur 2 Ventile hat; sie wird aus letzterem Grunde besonders für grössere Wasserwerke angewandt.

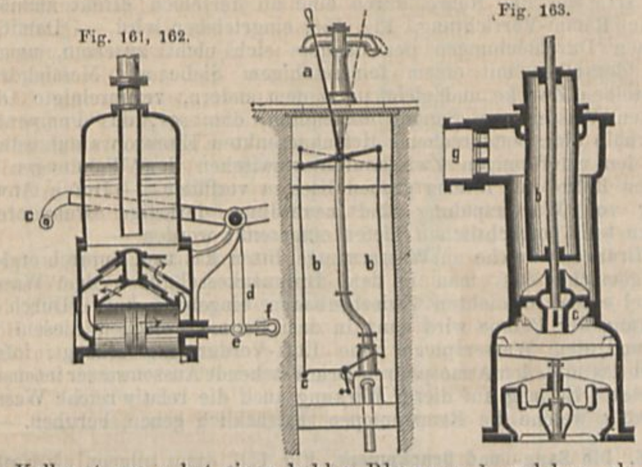


Fig. 161, 162. Fig. 163.

Die Kolbenstange a hat einen hohlen Plunger b, welcher, als Verdickung der Kolbenstange, beim Niedergange eben so viel Wasser durch das Steigrohr g verdrängt, als er beim Hinaufgehen dem vom Kolben c gehobenen Wasser Raum giebt. Das Saugen geschieht daher sowohl beim Aufgange wie beim Niedergange, u. z. zu gleichen Mengen, sobald die verdrängende Querschnittsfläche f des Plungers halb so gross ist, wie die Fläche F des Kolbens. Die beim Auf- und Niedergange zu überwindenden Widerstände entsprechen den Grössen $(F-f)\, h_2 + Fh_1$ und fh_2, wenn wieder mit h_1 die Saughöhe und mit h_2 die Druckhöhe bezeichnet wird. Sollten beide Widerstände gleich werden, so hätte man $F\,(h_1 + h_2) = 2\,fh_2$ zu machen. Im allgem. ist h_1 klein gegen h_2, daher bei der gewöhnlichen Annahme $F = 2f$ nicht nur die Wasser-Förderung, sondern nahezu auch der Kraft-Aufwand beim Auf- und Niedergange des Kolbens gleich. Das Förder-Qantum dieser Pumpe ist wegen der einfachen Saugwirkung allerdings nur so gross, wie dasjenige einer einfach wirkenden Pumpe vom Kolben-Querschnitt F. —

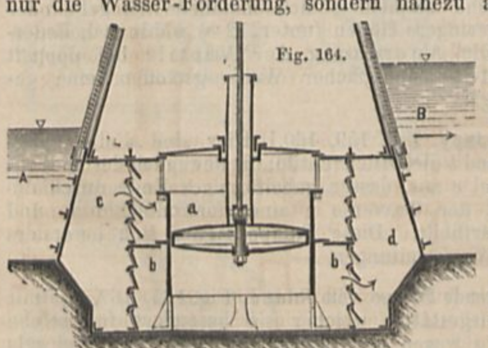


Fig. 164.

11. Die Fynje'sche Kastenpumpe, Fig. 164, ist ebenfalls doppelt wirkend, dieselbe empfiehlt sich hauptsächlich für Bewältigung grosser Wassermengen bei Entwässerungen*) von Niederungen etc. Der mächtige Zylinder a (im Bremer Blocklande 4 Pumpen von je 2,5 m Durchm. u. 1,6 m Hub) ist in einem eisernen Kasten oder

*) Berg, Entwässerung des Blocklandes.

einer Kammer aufgehängt, welche durch eine Mittelwand in 2 Abtheilungen getrennt ist und in 2 Seitenwänden die 2 Sätze Saug-Ventile *c* und 2 Sätze Druck-Ventile *d* aufnimmt. Jeder Ventilsatz besteht aus einer grösseren Anzahl Klappen (12 bis 16), weil die Stösse zu bedeutend wären, wollte man die Klappen sehr gross machen. Die Pumpe ist im tiefsten Punkte der Niederung aufgestellt und das Binnenwasser tritt bei *A* heran, während das Aussenwasser bei *B* steht. Es hat hiernach die Pumpe immer nur genau die Niveau-Differenz *h* zu überwinden und keine unnöthige Hebung zu bewirken, wie es der Fall sein würde, wollte man das gehobene Wasser in einer besonderen Leitung über den Deich führen. Da die der Dicke des überfallenden Strahls entsprechende Höhe *h*, im Verhältniss zu der nur geringen Förderhöhe (1—2 m), beträchtlich ist, so erklärt sich der Vortheil den diese Pumpen speziell für Entwässerungen besitzen. Auch spricht für sie besonders noch der Umstand, dass die Anordnung der Ventile die Erreichung grosser Durchgangs-Oeffnungen für das Wasser erlaubt. —

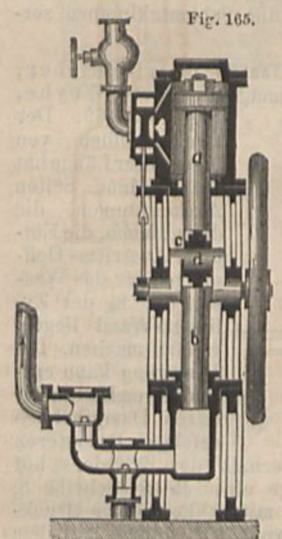


Fig. 165.

12. Die Dampfpumpe, Fig. 165, dient zum Speisen von Dampfkesseln und Reservoiren in Gebäuden. Man führt diese Pumpe meist in Stärken von ½ bis 4 Pfdkr. aus. Die dicke Kolbenstange *a* des Dampfkolbens ist mit dem Plungerkolben *b* der Pumpe durch eine sogen. Kurbel-Schleife *c* verbunden, durch welche die gekröpfte Schwungrad-Welle in direktester Art ihre Umdrehung erhält. Diese Pumpen machen bis 150 Umdrehungen p. M. —

13. Eine Dampfpumpe ohne rotirende Bewegung, nach dem System von Tangye Brothers*) in Birmingham, ist in Fig. 166 dargestellt. Der Dampfkolben *a* ist mit dem

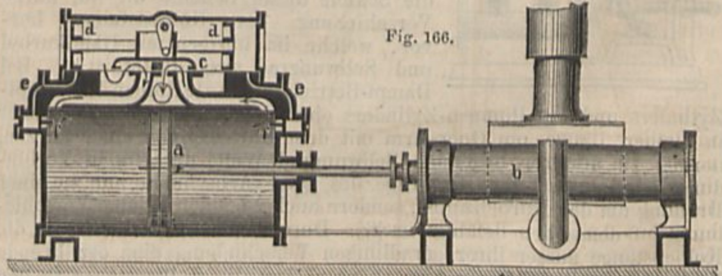


Fig. 166.

Kolben der doppelt wirkenden Pumpe *b* durch eine gemeinschaftliche Kolbenstange verbunden, so dass beide Kolben dieselbe Bewegung machen. Der Steuerungs-Schieber *c* erhält die entsprechende Verschiebung durch 2 Steuerkolben *dd*, welche durch den Dampfdruck hin- und hergeschoben werden, je nachdem der Dampfkolben *a* gegen Ende seines Weges das eine oder das andere der kleinen

*) Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre. Bd. 4.

Dampf-Ventile aufstösst und dadurch, vermittelst der Dampf-Kanälchen *ee* den Dampf von den äusseren Flächen der Steuerkolben *dd* entweichen lässt. Derartige direkt wirkende Dampfpumpen werden neuerdings mehr und mehr als unterirdische Wasserhaltungs-Maschinen*) beim Bergbau angewendet, indem man sie in einem Querschlage des Schachtes aufstellt und von einem über Tage liegenden Dampfkessel speist. Man hat auf diese Weise schon die ausserordentliche Druckhöhe von 319^{m} in einer Tour**) überwunden. —

14. **Die Latrinen-Pumpe*****), Fig. 167 enthält statt der Ventile, einen Schieber nach Art der Dampf-Vertheilungs-Schieber, welcher mit einem Messer versehen ist, das, in Vereinigung mit einem an der Schieberfläche angebrachten festen Messer, die Schmutzklumpen zerschneidet. —

15. **Eine direkt wirkende Pumpe ohne Ventile** oder Schieber, die ebenfalls für schmutzige Wasser sich eignet, ist die von Weyhe, Fig. 168, 169. Der Pumpenkolben von besonderer Länge hat an beiden Seiten Ausklinkungen, die dazu dienen, die Ein- und Austritts-Oeffnungen für das Wasser, die in der Zylinder-Wand liegen, frei zu machen. Die Bewegung kann entweder von Hand oder durch Dampfbetrieb erfolgen. Im ersteren Falle sitzt ausserhalb des Zylinders auf der Kolbenstange eine schiefe Scheibe *S*, die beiderseits mit 2 konischen Druckrollen in Berührung ist, welche auf dem Gestell stehend gelagert sind und bringt die Schiefe dieser Scheibe die nur kurze Verschiebung der Kolbenstange hervor, welche im übrigen mit Handkurbel und Schwungrad ausgestattet ist†). Bei Dampf-Betrieb bilden die Kolben des Dampf-Zylinders und des Pumpen-Zylinders eine einzige Stange, auf welcher in halber Länge ein Quer-Arm mit dem Kurbelzapfen einer kurzen, normal zu ersterer liegenden Schwungrad-Welle derartig in Verbindung gebracht ist, dass das Auge des Quer-Arms nicht nur zu einer Drehung um den Kurbelzapfen, sondern auch zu einer axialen Verschiebung auf demselben befähigt ist††). Durch dieses Getriebe erhält die Kolbenstange ausser ihrer geradlinigen Verschiebung eine oszillirende Bewegung um ihre Längen-Axe, so zwar, dass die Kolbenstange in den todten Punkten eine Lage einnimmt, aus welcher sie beim Hingange

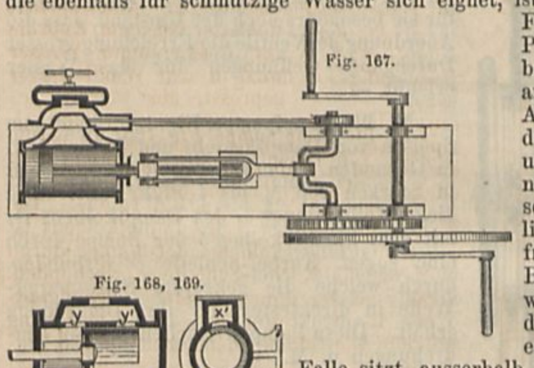


Fig. 167.

Fig. 168, 169.

*) Bericht über die Wiener Welt-Ausstellung. Gr. I. Sekt. 1. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1872.
**) The Engineer.
***) v. Salviati, Die Abfuhr u. Verwerthung der Dungstoffe. Berlin 1875.
†) Deutsch. Bauzeitg. 1878.
††) Reuleaux, Theoret. Kinematik.

des Kolbens um einen bestimmten Winkel nach der einen Richtung und wieder zurück gedreht wird, während beim Rückgange der Kolbenstange dieselbe um einen gleichen Winkel nach der entgegengesetzten Drehungs-Richtung und wieder zurück gedreht wird. Diese Oszillationen genügen für Freimachen und Schliessen der Ein- und Austritts-Oeffnungen für das Wasser. —

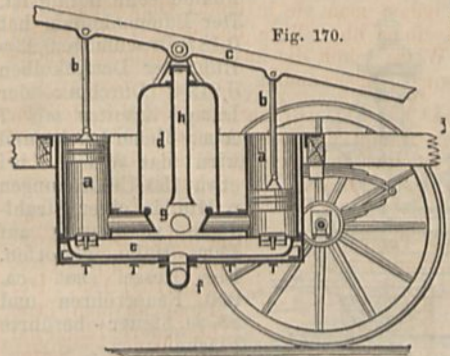


Fig. 170.

16. Die Feuerlöschspritze*), Fig. 170 besteht aus der Vereinigung von 2 einfach wirkenden Druckpumpen mit dem Zylinder *a*, deren Kolbenstangen *b* durch den Balanzier *c* bewegt werden. Das aus dem Rohre *e* und dem Zubringer *f* angesaugte Wasser wird in den Windkessel *d* gepresst, aus welchem es durch die Röhre *g* seitwärts, oder durch *h* nach oben heraus tritt. Bei Spritzen haben die Versuche mehrfach ergeben, dass das effektive Wasserquantum unter Umständen grösser**) sein kann, als das theoretische. Ist Q das p. Sek. austretende Wasserquantum, f der Querschnitt des kontrahirten Strahls an der dünnsten Stelle, also $\frac{Q}{f} = v$ die Geschw. daselbst, so ist die Steighöhe des Strahls $h = \xi \frac{v^2}{2g}$, worin ξ einem vom Mundstücke abhängigen Erfahrungs-Koeffiz. bedeutet***). —

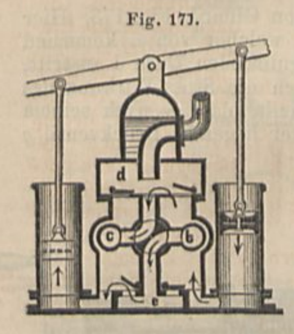


Fig. 171.

17. Das Druckwerk für Schiffe, Fig. 171 stimmt im wesentlichen mit der Feuerspritze überein, ist auch als solche zu gebrauchen, hat aber gleichzeitig auch andern Zwecken zu genügen. Da es hierbei ebenso häufig nöthig ist, Wasser aus dem Schiffe nach aussen zu schaffen, wie umgekehrt, so ist ein Vierweghahn angebracht, durch dessen Stellung man eben sowohl das Rohr *b* mit dem Saugventil-Kasten *e* und das Rohr *c* mit dem Druckventil-Kasten *d* in Verbindung bringen kann, wie umgekehrt. In Folge dessen kann man das Wasser sowohl durch *b* ein- und durch *c* austreten lassen als auch umgekehrt. Ausserdem ist an dem Windkessel noch ein besonderes Druckrohr *f* angebracht. —

17. Die Dampf-Feuerspritze†), Fig. 172, enthält auf einem Wagen-Gestell den stehenden Röhrenkessel *a*, der, des schnellen Anheizens wegen, nur ein sehr geringes Waserquantum fasst, und den horizontalen Zylinder *b*, aus welchem die doppelt wirkende Pumpe *d* das

---

*) Frick, die Feuerspritze.
**) Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre. Bd. 4.
***) Weisbach, Ingen. u. Masch. Mech. Th. I.
†) Mittheilungen des hannov. Gewerbe-Vereins. 1864.

Wasser durch *c* ansaugt, um es in den Windkessel *e* zu drücken. Das luftdicht geschlossene Reservoir *b* dient dabei gleichzeitig als Sauge-Windkessel, welcher bei dem schnellen Gange der Pumpe sehr nöthig ist. Der Pumpenkolben hat 0,18 m Durchm. u. 0,23 m Hub, der Dampfkolben 0,215 m Durchm.; der Dampf arbeitet mit 7 Atm. Ueberdruck und wird das Wasser bei etwa 150 Umdrehungen p. Min. in einer Strahldicke von 30 mm auf 45 m Höhe geworfen. Der Kessel hat ca. 200 Feuerröhren und 28 qm feuer-berührte Fläche. —

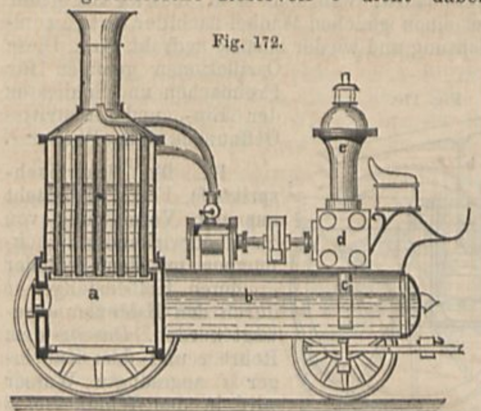


Fig. 172.

18. Die Dampfstrahl-Pumpe (Injecteur) von Giffard; Fig. 173. Hier wird das Wasser durch einen Dampfstrahl, welcher von *a* kommend aus der durch das Ventil *b* (Stopfer) zu regulirenden Düse *c* austritt, aus dem Rohre *d* angesaugt und ihm durch die Stoss-Wirkung des Dampfes eine so grosse lebendige Kraft ertheilt, dass es nach seinem Eintritt in die Auffange-Düse *e* das dahinter liegende Druckventil *g*

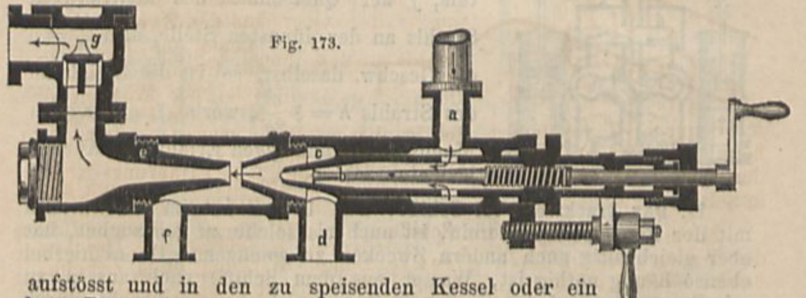


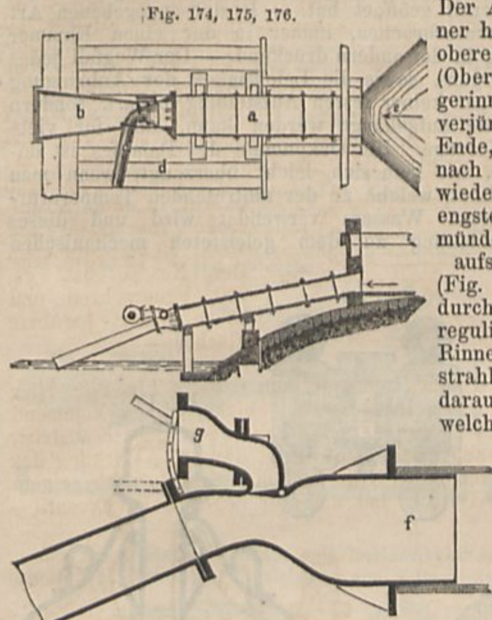
Fig. 173.

aufstösst und in den zu speisenden Kessel oder ein betr. Reservoir gelangt. Das Rohr *f* ist ein Ablaufrohr, aus welchem beim Anlassen des Apparats so lange Wasser austritt, bis dessen Geschwindigkeit zum Oeffnen des Steig-Ventils *g* gross genug geworden ist. Alsdann hört das Ausfliessen durch *f* von selbst auf und es wird im Gegentheil noch Luft durch *f* angesaugt. Der Druck, welchen das bewegte Wasser auf das Ventil *g* ausübt, ist grösser als der darauf lastende Dampfdruck, woraus die Möglichkeit der Kesselspeisung durch Dampf aus demselben Kessel sich erklärt. — Die dargestellte Konstruktion ist die ursprüngliche, von Giffard angegebene; neben derselben kommen heute zahlreiche Vereinfachungen vor. —

Man hat diesen Apparat auch zur Förderung von Wasser in die Akkumulatoren von Hebe-Vorrichtungen verwendet, desgl. (bei entsprechender Umformung) als Gebläse für Schmiedefeuer und Kessel-Feuerungen, als Ventilations-Apparat für Krankensäle, endlich als Hebe-Apparat (Elevator) für Asche und ähnliche Stoffe (Körting'sche Strahl-Apparate.) —

20. Die Nagel'sche Strahlpumpe*), Fig. 174, 175, 176, dient zur Entwässerung von Baugruben, wenn man gleichzeitig Wasser von einem gewissen Gefälle zur Verfügung hat (z. B. bei Mühlenbauten das durch das Freigerinne abfliessende Aufschlag-Wasser).

Fig. 174, 175, 176.



Der Apparat besteht aus einer hölzernen Rinne *a*, deren obere Oeffnung ganz in das (Ober-) Wasser des Freigerinnes taucht. Diese Rinne verjüngt sich am unteren Ende, um sich von hier ab nach *b* hin der Breite nach wieder zu erweitern. An den engsten Stellen der Rinne mündet das aus der Baugrube aufsteigende Saugrohr *g* (Fig. 176), dessen Oeffnung durch Klappe oder Schieber regulirt wird. Der durch die Rinne *ab* fliessende Wasserstrahl saugt die Luft und darauf das Wasser aus *g* an, welches alsdann in beständigem Aufsteigen verbleibt, so lange als das Gerinne *ab* funktionirt. Die Klappe hat den Zweck im Anfange des Betriebs das Gerinne *ab* gänzlich mit Wasser zu füllen, ein Fuss-Ventil im Saugrohr *g* verhindert das in diesem Rohr vorhandene Wasser beim Abstellen des Apparats zurück zu fallen. — Die Resultate der Wasserstrahl-Pumpe (der übrigens der Natur der Sache nach nur in seltenen Fällen zur Verwendung kommen dürfte) sind befriedigend.

21. Das Pulsometer. Fig. 177, 178, 179**). Saugen und Drücken des Wassers erfolgt durch direkte Dampf-Wirkung ohne Zuhülfenahme mechanisch-bewegter Theile. Der von oben eintretende, hoch gespannte Dampf wird durch Vermittelung des verschiebbaren, doppelsitzigen Kolben-Ventils (statt dessen wohl auch ein Kugelventil Anwendung findet) abwechselnd in die eine oder andere der 2 Kammern, Fig. 178, geleitet. Tritt der Dampf z. B. in die linksseitige Kammer, so drückt er auf das darin befindliche Wasser und zwingt dasselbe, durch ein Steige-Ventil nebst anschliessendem Rohr zu steigen, wobei das Sauge-Ventil dieser Kammer geschlossen gehalten wird. Dieser Vorgang dauert so lange, bis durch Absenkung des Wasserspiegels der Dampf zu einer Oeffnung (in Fig. 178 schwarz angedeutet) gelangt, durch welche derselbe entweicht. Die so entstehende Druck-Veränderung hat eine Verschiebung des Dampf-Ventils zur Folge, wornach der Dampf von der linksseitigen Kammer abgeschlossen und zur rechtsseitigen zugelassen wird. Während in dieser eine gleichartige Wirkung wie für

*) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1866 und Zeitschr. des Hannov. Arch.- und Ingen.-Ver. 1873.
**) Schaltenbrandt, der Pulsometer.

die andere Kammer angegeben ist, eintritt, findet in letzterer Saugwirkung statt, da in Folge der Druck-Verminderung in dieser (linksseitigen) Kammer, welche nach Absschluss des Dampf-Zutritts durch Kondensation schnell bis zum Vakuum zunimmt, sich das Steigventil geschlossen und das Sauventil geöffnet hat. — In der angegebenen Art wirkt der Apparat ununterbrochen, immer in der einen Kammer saugend und gleichzeitig in der andern drückend. — Der Wegfall jedes mechanisch bewegten Organs, sowie die Leichtigkeit der Anbringung des Apparats, welcher gar keiner festen Aufstellung bedarf, sondern beispielsw. an einem Seile aufgehängt werden kann, sind für viele Verwendungen grosse Vorzüge. Die Oekonomie des Dampfes ist dagegen eine sehr geringe, wie man sich leicht überzeugt, wenn man die Wärmemenge berechnet, welche zu der eintretenden Temperatur-Erhöhung des geförderten Wassers verwendet wird und dieses Wärmequantum in Beziehung zu dem geleisteten mechanischen Effekt bringt. —

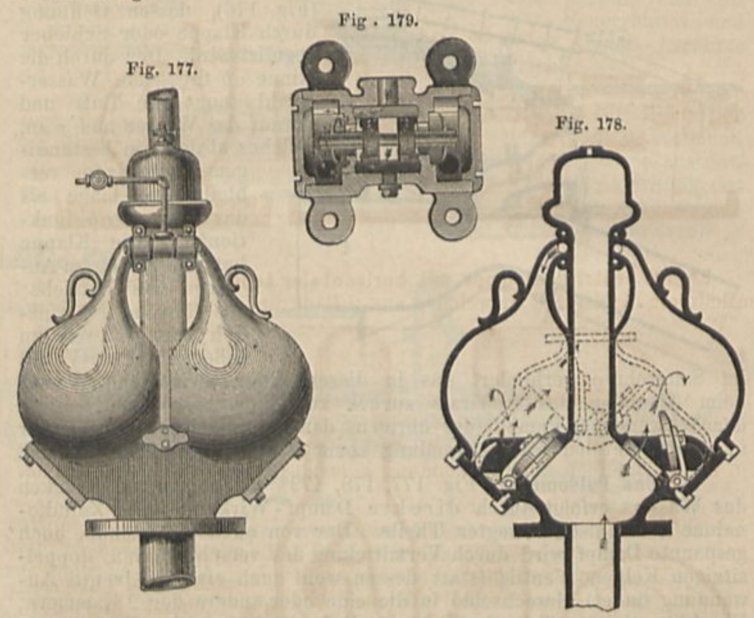


Fig. 179.

Fig. 177.

Fig. 178.

Zentrifugal-Pumpen (Kreiselpumpen) bewirken die Erhebung des Wassers durch die lebendige Kraft, welche demselben durch die schnelle Umdrehung eines Schaufelrades (Kreisels) ertheilt wird. Es fallen hierbei alle Ventile und Kolben, ausser e i n e m, während des Ganges geöffneten Boden-Ventil, fort und ist der Betrieb auf die leicht zu bewirkende Umdrehung einer horizontalen oder vertikalen Welle beschränkt. Letzterer Umstand erleichtert die Aufstellung, bezw. Versetzung dieser Pumpen, sowie den Betrieb durch einen Riemen von der Lokomobile aus ungemein und da auch, beim Fehlen von Ventilen, verhältnissmässig unreines, sandführendes Wasser keine Betriebs-Störungen veranlasst, so sind diese Pumpen für Baugruben-Entwässerungen sehr beliebt geworden. Man kann mit ihnen ebensowohl saugen, wie drücken; nur ist es im allgem. nicht gerathen, die Saughöhe ganz so gross anzunehmen, wie bei den dicht schliessenden Kolbenpumpen möglich ist. Es empfiehlt sich vielmehr eine Saughöhe dadurch ganz zu vermeiden, dass man das Kreiselrad ganz unter dem Unterwasser-Spiegel anordnet. Ist man indessen aus konstruktiven Gründen etc. veranlasst, den Kreisel in einer gewissen Höhe über dem Wasser aufzustellen, so muss unten im Saugrohr ein Bodenventil, am besten in Form einer einfachen Gummi- oder Lederklappe, angebracht werden, das ein vorheriges Anfüllen des Saugrohrs und Kreisel-Gehäuses mit Wasser gestattet. Zur Her-

stellung des Vakuums beim Angehen der Pumpe dient übrigens auch wohl ein kleiner durch Wasser oder Dampf betriebener Ejektor (Strahlpumpe).

Die durch Zentrifugal-Pumpen zu überwindende ganze Förderhöhe ist ebenfalls beschränkt, indem bei einer grösseren Höhe als etwa 12—14 m der Wirkungsgrad dieser Pumpen, wegen des unter solchem Drucke merklich zurück fliessenden Wassers, gering ausfällt, auch die von der Förderhöhe abhängige Umdrehungs-Geschw. dann zu beträchtlich wird. Zur Ueberwindung grosser Druckhöhen hat man versucht, mehrere Zentrifugal-Pumpen neben einander so in einem Gehäuse aufzustellen, dass die Pumpe 1 das angesaugte Wasser der 2. und diese es der 3. zudrückt (4 Pumpen im Berliner Aquarium); doch dürften bei dieser Anordnung die Widerstände bedeutend sein, welche das Wasser auf seinem mehrfach gekrümmten Wege findet.

Die Geschwindigkeit des Kreiselrades ist von der Förderhöhe H, die Grösse derselben von dem Wasserquantum Q abhängig. Nach Fink*) soll man den Durchm. d des Saug- und Druckrohrs machen: $d = 2{,}78 \sqrt{\frac{Q}{2gH}}$, worin d und H in m zu nehmen sind und Q das Wasserquantum in kbm pr. Sek. ist. Ferner soll man den inneren Raddurchm. $1{,}2d$, den äusseren Raddurchm. $2{,}4d$, die lichte Höhe des Rades $0{,}36d$, und aussen $0{,}18d$, die Anzahl der Schaufeln zu 6 und die Peripherie-Geschwindigk. zu $1{,}25\sqrt{2gH}$ annehmen. Für die Schaufelform nimmt Fink archimedische Spiralen, Grove Kreisbögen an. Den Wirkungsgrad der Zentrifugal-Pumpen wird man im Durchschnitt zu 0,60 bis 0,65 rechnen dürfen. —

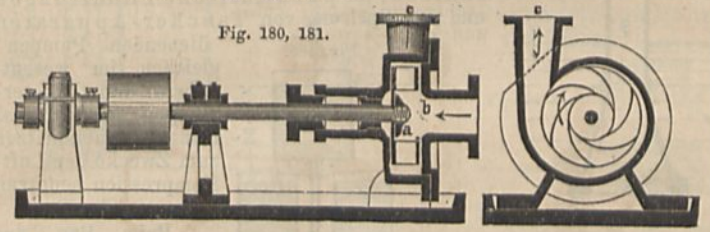


Fig. 180, 181.

22. Die Zentrifugalpumpe mit horizontaler Achse, Fig. 180, 181**), enthält ein Kreiselrad a, welches aus 2 Radkränzen besteht, zwischen denen die Schaufeln sich befinden. Die Wasser-Zuführung geschieht 1seitig durch b, während das Steigrohr sich bei c anschliesst. Dagegen findet bei der Anordnung nach Fig. 182, 183***) Ansaugen von beiden Seiten statt und besteht dem entsprechend hier der Kreisel aus einer einzigen Scheibe a, welche auf jeder ihrer Flächen ein Schaufel-System trägt.

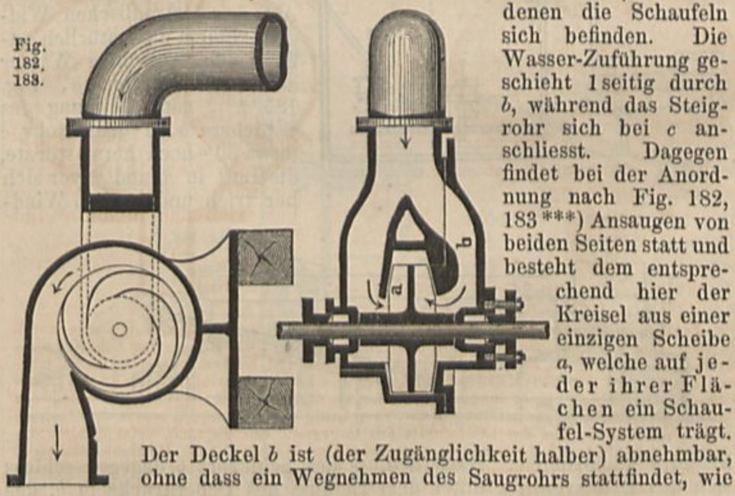


Fig. 182, 183.

Der Deckel b ist (der Zugänglichkeit halber) abnehmbar, ohne dass ein Wegnehmen des Saugrohrs stattfindet, wie

*) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1868. Ueber die Theorie der Zentrifugal-Pumpen, s. auch Rittinger: Rohr-Turbinen; ferner Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1869, 1875. sowie Mittheil. des Gew.-Ver. f. Hannover. 1869.

**) Zeichnungen der „Hütte", Jahrg. 1869, Taf. 9.

***) Zeichnungen der „Hütte", Jahrg. 1864, Taf. 24.

dies bei der Konstruktion Fig. 180, 181 erforderlich ist. Der Betrieb geschieht bei diesen Pumpen wegen der grossen Umdrehungszahl (bis 1000 pr. Min.) immer durch Riemen. —

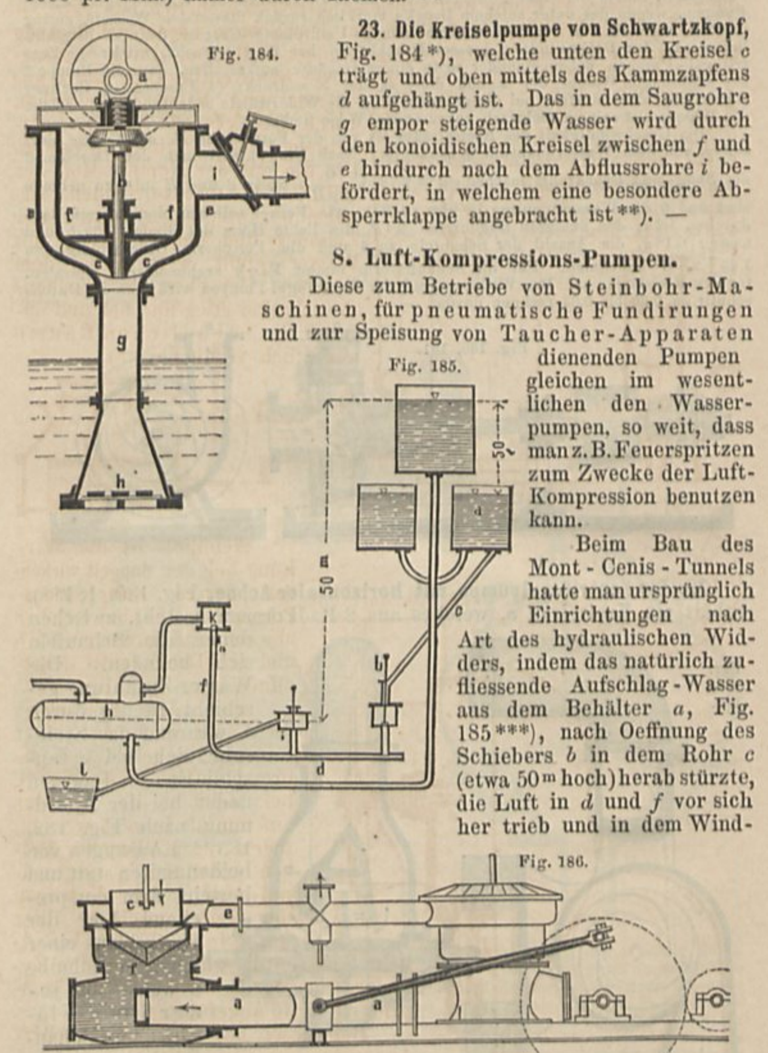


Fig. 184.

23. Die Kreiselpumpe von Schwartzkopf, Fig. 184*), welche unten den Kreisel *c* trägt und oben mittels des Kammzapfens *d* aufgehängt ist. Das in dem Saugrohre *g* empor steigende Wasser wird durch den konoidischen Kreisel zwischen *f* und *e* hindurch nach dem Abflussrohre *i* befördert, in welchem eine besondere Absperrklappe angebracht ist**). —

8. Luft-Kompressions-Pumpen.

Diese zum Betriebe von Steinbohr-Maschinen, für pneumatische Fundirungen und zur Speisung von Taucher-Apparaten dienenden Pumpen gleichen im wesentlichen den Wasserpumpen, so weit, dass man z. B. Feuerspritzen zum Zwecke der Luft-Kompression benutzen kann.

Fig. 185.

Beim Bau des Mont-Cenis-Tunnels hatte man ursprünglich Einrichtungen nach Art des hydraulischen Widders, indem das natürlich zufliessende Aufschlag-Wasser aus dem Behälter *a*, Fig. 185***), nach Oeffnung des Schiebers *b* in dem Rohr *c* (etwa 50^m hoch) herab stürzte, die Luft in *d* und *f* vor sich her trieb und in dem Wind-

Fig. 186.

kessel *h* komprimirte. Nach Schluss des Schiebers *b* dagegen schloss sich das Druckventil *k* unter dem Einfluss des Ueberdrucks in *h*, das Wasser in *d* stiess das Abfluss-Ventil *i* auf und floss nach dem Untergraben *l*, wodurch gleichzeitig ein Saugventil *n* sich öffnete und das

*) Zeichnungen der „Hütte", Jahrg. 1869, Taf. 18.
**) Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre. Bd. 4.
***) Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre. Bd. 4.

Rohr *d* von neuem mit Luft sich füllte. Durch darauf folgende Oeffnung des Schiebers *b* wiederholte sich das Spiel in derselben Weise, indem eine besondere durch Luft betriebene kleine Steuerung-Maschine die regelmässige Oeffnung und Schliessung des Schiebers *b* bewirkte. —

Diese Einrichtung wurde bald durch **paarweise angeordnet liegende Luftpumpen**, Fig. 186, ersetzt, deren Plunger-Kolben *a*, durch Wasserrad bewegt, beim Hingange durch grosse Saugventile Luft aus *c* ansaugten und beim Zurückgehen durch Druckventile in ein Luftleitungs-Rohr *e* hinein pressten. Um die mit der Kompression der Luft (auf 5 Atm.) verbundene Erwärmung aufzuheben, wurden der Zylinder und Ventilkasten *f* mit Wasser gefüllt, welches bei dem Hin- und Hergehen des Kolbens abwechselnd stieg und fiel und dadurch die schädlichen Räume wesentlich verkleinerte*). —

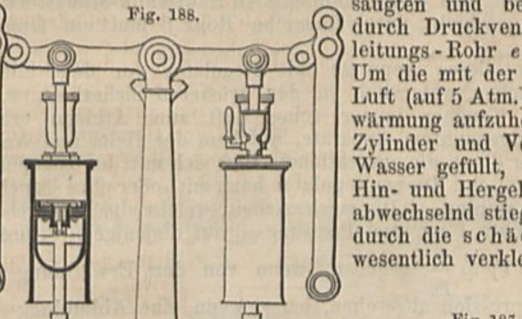


Fig. 188.

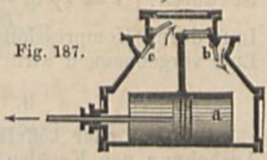


Fig. 187.

Aehnlich ist die Wirkung bei der **doppelt wirkenden nassen Kompressions-Pumpe**, Fig. 187, bei welcher abwechselnd ein Saugventil *b* und ein Druckventil *d* geöffnet, bezw. geschlossen ist.

Für den **Handbetrieb** dient die nach Art einer Feuerspritze gebildete Kompressions-Pumpe, Fg. 188**), bei welcher die Zylinder auf und ab bewegt werden, indem die Kolben um Bolzen schwingend, angeordnet sind. Das Ansaugen der Luft geschieht hier durch in den Kolben befindliche Saugventile, während von den Zylindern aus durch Schläuche die komprimirte Luft abgeführt wird.



Fig. 189.

Bei dieser, besonders für Taucher-Apparate von Denayrouze gewählten Anordnung kann man bequem Wasser behufs der Kühlung auf den Kolben halten. —

Man bedient sich zur Ausführung von Taucher-Arbeiten vielfach des **Apparats von Rouqayrol-Denayrouze mit Luft-Regulator**, Fig. 189***).

*) Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, Bd. 4.

**) Wochenschrift d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins. 1876.

***) Serlo, Bergbaukde. Bd. 2, und Wochenschr. d österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1876.

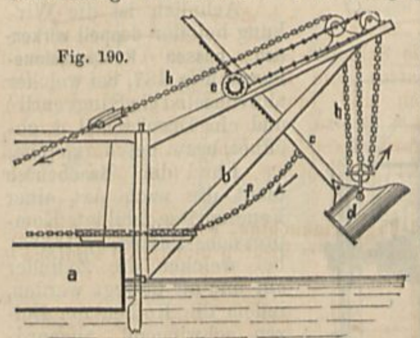
Hier ist *a* das aus Stahlblech gefertigte Luft-Reservoir, welches durch *b* mittels eines Schlauchs von der Kompressions-Pumpe gespeist und von dem Taucher wie ein Tornister getragen wird. Der auf *a* gelöthete zylindrische Regulator *c* kann durch das Ventil *d* Luft aus *a* empfangen, wenn dieses Ventil durch die sich einbiegende Kautschuk-Platte *e* geöffnet wird. Letzteres geschieht bei dem Einathmen von Luft Seitens des Tauchers aus dem Regulator *c*, vermittels des Athmungs-Rohrs *f*, mit dem dicht schliessenden Kautschuk-Mundstücks *g*. Das Ausathmen geschieht durch dasselbe Rohr *f* und ein Gummi-Ventil *h*.

Die Vorzüge dieses Apparats mit Regulator vor dem älteren Skaphander bestehen wesentlich in der grösseren Sicherheit, sowie darin, dass der Taucher immer reine Luft zum Athmen erhält, während bei letztgenanntem Apparate, welchem der Helm und Anzug als Luft-Reservoir dient, die ausgeathmete Luft sich mit der zugepumpten frischen Luft mischt. Dieser Regulator kann mit, oder ohne Taucher-Anzug verwendet werden. — Die mech. Arbeit, welche die Kompression eines Volumens Luft V an atm. Pressung p_0 auf diejenige p erfordert ist durch: $A = V\gamma \ln \frac{p}{p_0}$ gegeben, wenn von der Erwärmung der Luft durch Kompression abgesehen, bezw. wenn eine Abkühlung der Luft vorgenommen wird.*) —

9. Bagger-Maschinen.**)

1. Stiel- oder Löffelbagger***), altbekannt, haben neuerdings zur Aushebung von Kanälen Verwendung gefunden z. B. bei der Drau-Regulirung†). Fig. 190, stellt einen solchen amerikanischer Konstruktion von Osgood & Co. in Newyork dar. An dem eisernen Schiffe *a* ist ein Krahn drehbar angebracht, durch dessen geschlitzten Ausleger *b* der Stiel *c* für den Kübel *d* geht. Dieser Stiel ist einer Drehung um das Getriebe *e* fähig und kann ferner, vermöge der Zahnstange *z*, durch dieses Getriebe der Länge nach verschoben werden. Es dienen hierzu die Ketten *f* und *h*, von denen *f* auf eine durch die Dampfmaschine gedrehte Trommel sich legt und angeholt wird, während *h*, wenn die zugehörige Trommel eingerückt ist, vermöge eines Flaschenzugs den Stiel nach aussen zieht und ihn gleichzeitig hebt, wodurch die Maschine die Bewegungen des Grabens nachahmt. Durch seitliche Drehung des Auslegers wird die ausgegrabene Masse über das Ufer gebracht und der Kübel durch Zurückklappen geleert. Sämmtliche Bewegungen müssen von einem Arbeiter gesteuert werden. Der Ausleger hat 7,32 m Ausladung, der Stiel 10,67 m Länge; der Eimer 0,62 cbm Inhalt; die Dampfmaschine hat 14 Pfdk. und be-

Fig. 190.



*) Weisbach, Ingen.- u. Maschin.-Mech. Bd. I.

**) Ueber die Verwendung der verschiedenen Systeme: Stiel-, Schaufel-, Eimer-Bagger s. Hagen: Handbuch der Wasserbaukunst.

***) Hagen, Bd. IV, Th. 3. Die Stielbagger im Hafen von Toulon.

†) Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins, 1871, und Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ingen. 1872.

wirkt etwa 50 Kübel-Hebungen p. Stunde. Die Maschine wird besonders für solche Fälle empfohlen, wo die betr. Arbeiten in unmittelbarer Nähe einer Kaimauer stattfinden müssen. —

2. **Schaufelbagger***), nach Art der älteren holländischen Moddermühlen mit Dampfbetrieb, Fig. 191, von Waltjen für Baggerung von Schlickboden ausgeführt. Eine über 2 6kantige Trommeln geführte Kette mit Schaufeln bewegt sich in der eisernen, unten mit Vorschneid-Messer versehenen Rinne, wobei die Schaufeln die durch das Messer los geschnittene, schlickartige Masse emporschieben und am Kopfe des Schiffsgefässes in einen Prahm abgeben, welcher in

Fig. 191.

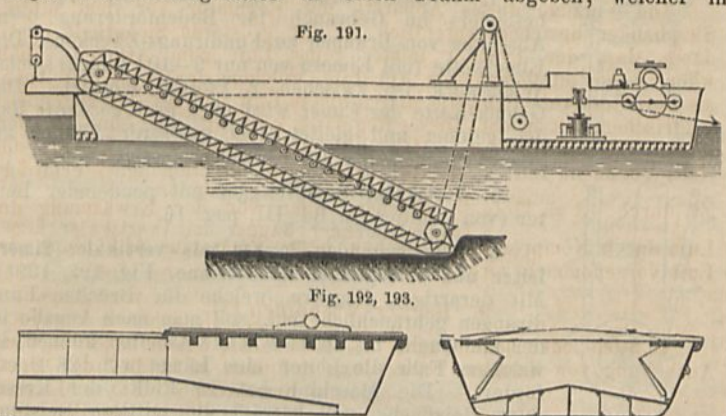
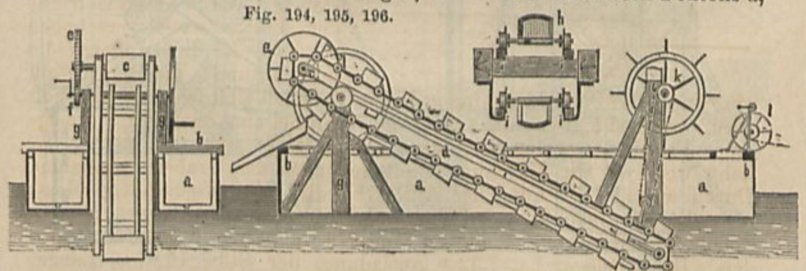


Fig. 192, 193.

Fig. 192, 193 skizzirt ist. Die Schaufel-Leiter hat 20,5 m Länge von M. zu M. Trommel und gestattet eine Baggertiefe bis 8,8 m. Die Schaufeln, deren 64 vorhanden sind, (auf jedem Kettenglied eine), haben bei ca. 1 m Länge 0,44 m Breite. Die Kettentrommel macht, bei 42 Umdrehungen der 35pferd. Dampfmaschine, 2,19 Umdrehungen p. M. Das Förder-Quantum ist zu 5,56 cbm pr. Pfdk. und Stunde beobachtet. —

3. **Die Schwahn'sche Hand-Baggermaschine,** Fig. 194, 195, 196 besteht aus 2 hölzernen, ca. 8 m langen, 1 m breiten und tiefen Pontons *a*,

Fig. 194, 195, 196.



welche, durch Holme *b* verbunden, einen etwa 1 m breiten Schlitz zur Aufnahme der Eimerleiter *d* zwischen sich lassen. Letztere trägt an ihrem Kopfe eine 4seitige Trommel *c*, auf deren Achse das grössere Stirnrad *e* steckt, welches in das auf der Kurbelwelle befestigte Ge-

*) Wiebe, Skizzenbuch f. d. Ingen. u. Maschinenbauer. H. XXII u. XXIII.

triebe f eingreift. Die Kurbelwelle ist in einer gusseisernen hohlen Achse gelagert, welche durch Böcke g drehbar unterstützt und fest mit den Längsbalken der Eimerleiter verschraubt ist. Vermöge dieser Konstruktion bleibt das Rad c in allen Lagen der Leiter stets im richtigen Eingriffe mit dem Getriebe f der fest gelagerten Kurbelwelle. Die Eimerkette h wird hier mittels kleiner Laufrollen auf eisen-beschlagenen Bahnhölzern i geführt; l ist die Anker-Winde. —

Fig. 197.

4. Vertikale Hand-Bagger-Maschine, Fig. 197, besonders im Gebrauch für Bodenförderung beim Absenken von Brunnen zu Fundirungs-Zwecken. Die Eimerkette (mit Eimern von nur 5—10^{l} Inhalt) sammt Windewerk ist zwischen 2 Pfosten montirt. Die Gelenk-Kette der Eimer wird über grob gezahnte Räder geführt und gleitet (bei grösserer Länge) an Streichschienen, die auf Klötzen befestigt sind. —

5. Vertikaler Dampfbagger mit pendelnder Leiter (von Waltjen) s. Bd. III, pag. 16. —

6. Schwimmender Bagger mit vertikaler Eimerleiter und beweglicher Schüttrinne, Fig. 198, 199*). Mit derartigen Baggern, welche für Brücken-Fundirungen gebräuchlich sind, soll man nach Angabe in der zit. Quelle bis zu 16^{m} Tiefe arbeiten können, in welchem Falle die Leiter eine Länge von 23^{m} erfordert. Die Maschine hat 15 Pfdk, der Kessel 22^{qm} Heizfläche, und beträgt die mittlere Leistung

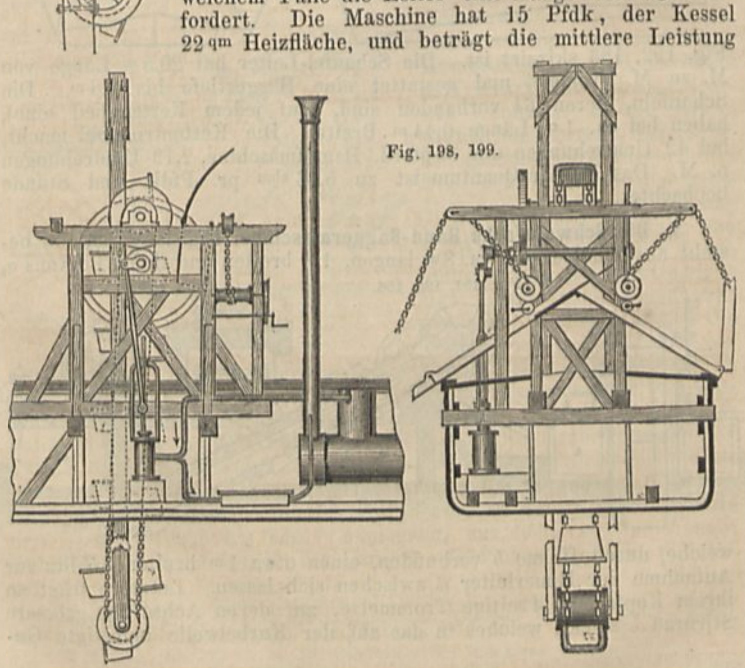
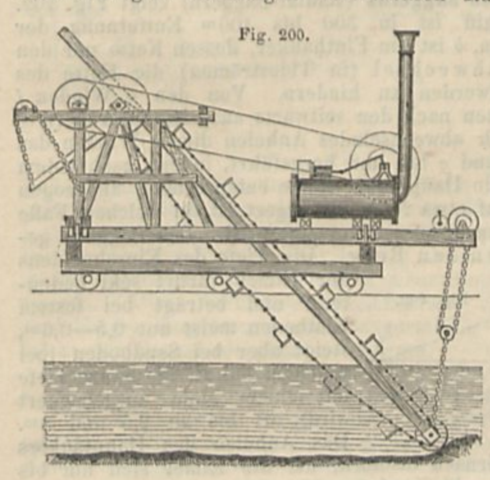


Fig. 198, 199.

*) Castor, Appareils à vapeur.

stündlich 120 m bei einem Fassungs-Vermögen jedes Eimers von 160 l und einer Geschwindigkeit der Kettentrommel, vermöge welcher 22 Eimer pr. M. passiren. Die Füllung jedes Eimers betrug dabei 0,57 vom Fassungs-Raum desselben. Dieser günstige Effekt ist wohl der Anordnung der Kette zuzuschreiben, welche nur einer geringen Spannung und in ihrer ganzen Länge fast keinen Reibungen ausgesetzt ist. —

7. **Bagger-Maschine für Lokomobil-Betrieb** nach Fig. 200, von Castor ausgeführt. Diese Maschine ist auf einer, nach 2 zu einander rechtwinkligen Richtungen versetzbaren Rüstung aufgestellt. Die Baggerung geschah bis 8 m Tiefe unter dem Wagen mittels einer 4 pferd. Lokomobile, welche bei 55 Umdreh. die obere Kettentrommel 9 mal p. Min. umdrehte, entsprechend einem Vorübergange von 12 Eimern. Von der theoretischen Leistung, welche, bei dem Fassungs-Vermögen der Eimer von 30 l, in 10 Stunden 216 cbm hätte betragen müssen, erlangte man nur 60 bis 80 cbm. Der Grund davon liegt besonders in den zahlreichen Pausen, welche die Versetzung der Plattform verursacht.


Fig. 200.

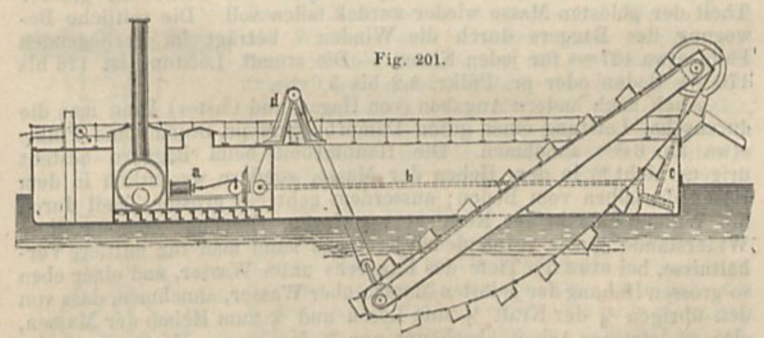


Fig. 201.

8. **Dampfbagger mit geneigter Eimerleiter** mit Ausschüttung am hinteren Ende*) des Baggerschiffs, in Hamburg gebaut und auf der Niederelbe**) vielfach zur Anwendung gebracht, Fig. 201. Das eiserne Schiff von 30 m Länge, 7,5 m Breite, 3 m Höhe und 1,25 m Tiefgang enthält in einem Schlitz von 1,6 m Breite die 17,4 m lange Leiter, welche bis 8,5 m Tiefe unter Wasserspiegel reicht, wenn die grösste zulässige Leiter-Neigung 45° ist. Der obere Zweig der Kette wird

*) Bagger mit Ausschüttung in der Mitte des Baggerschiffs s. Hagen, Bd. III., Th. 4 (auch Bd. III. Kap. Wasserbau, Fig. 47—49).
**) Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre. Bd. 4.

über Rollen geführt. Die Eimer (29 an Zahl) haben 0,222 cbm Fassungsraum; die Ketten-Geschw. ist 0,30 bis 0,40 m, je nach der Schwere des Bodens. Der Betrieb geschieht von einer 30 pferd. Dampfmaschine *a* durch die Wellen *b* und *c* mittels konischer und Stirnräder mit 8,56 maliger Verlangsamung und unter Einschaltung einer Friktions-Kuppelung. Der obere Turas macht zwischen 5,8 und 9 Umdrehungen p. Min. (entsprechend 50 bis 77 Touren der Maschine).

Die Winde *d* zum Heben der Leiter, sowie diejenigen zum seitlichen Anholen des Baggerschiffs werden ebenfalls von der Dampfmaschine betrieben. —

Die Art und Weise des Baggerns (Radial-Baggern) zeigt Fig. 202. Stromaufwärts vom Schiff ist in 300 bis 400 m Entfernung der Hauptanker *a* ausgeworfen, *b* ist ein Fluthanker, dessen Kette nur den Zweck hat, beim Fluthwechsel (in Tideströmen) die Kette des Hauptankers am Schlaffwerden zu hindern. Von den 4 Winden *i* gehen eben so viele Ketten nach den seitwärts ausgelegten Ankern *cc* und *dd*, und wird durch abwechselndes Anholen dieser Winden das Baggerschiff zwischen *f* und *g* hin und hergeführt, indem, nach jedem einfachen Querschlage, die Hauptanker-Kette entsprechend angezogen wird, bis deren Länge auf etwa 200 m verringert ist, in welchem Falle der Hauptanker wieder nach aussen versetzt wird. Das Baggern geschieht dabei stets gegen den Berg. Die Tiefe des Einschneidens der Eimer variirt sehr bedeutend und beträgt bei festem Klaiboden meist nur 0,5—0,6 m, steigt aber bei Sandboden (bei welchem i. d. R. die ganze Tiefe mit einem Male ausgebaggert wird), oft bis zu 2,5 und 3 m. Das Anholen des Hauptankers richtet sich natürlich hiernach insofern, als die Eimer sich nur bis zu gewissem Grade füllen dürfen (etwa ½), wenn nicht ein grosser Theil der gelösten Masse wieder zurück fallen soll. Die seitliche Bewegung des Baggers durch die Winden *i* beträgt im vorliegenden Falle etwa 127 mm für jeden Eimer. — Die stündl. Leistung ist 126 bis 170 cbm Boden oder pr. Pfdkr. 4,2 bis 5,6 cbm.

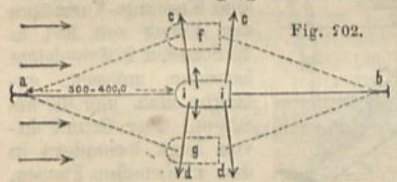


Fig. 202.

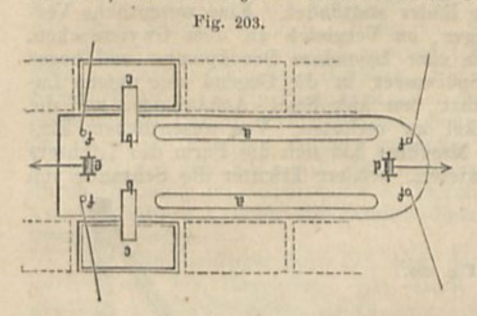
Auch nach andern Angaben (von Hagen und Castor) kann man die durchschn. Leistung eines guten Dampfbaggers pr. Stunde und Pfdkr. etwa zu 6 cbm annehmen. Die Hauptarbeit beim Baggern besteht ürigens nicht*) in dem Heben der Masse, sondern wesentlich in dem Lösen derselben vom Boden; ausserdem geht ein grosser Theil durch die Widerstände in der Kette etc., verloren. Rechnet man für diese Widerstände ⅓ der vorhandenen Kraft, so kann man für mittlere Verhältnisse, bei etwa 5 m Tiefe des Baggerns unter Wasser, und einer eben so grossen Hebung der gelösten Massen über Wasser, annehmen, dass von den übrigen ⅔ der Kraft ⁴⁄₅ zum Lösen und ⅕ zum Heben der Massen, also zu letzterer Arbeit überhaupt nur ²⁄₁₅ der ganzen Kraft, verwendet werden. Aus diesem Grunde soll man die Hubhöhe immer hinreichend hoch annehmen, um die Massen bequem (ohne Nachhülfe in Prähne) verstürzen zu können, zumal eine mässige Vergrösserung der Hubhöhe den Kraft-Aufwand nur unmerklich steigert. —

9. Dampfbagger mit zwei Eimerleitern, Fig. 203, wie er auf der Clyde zur Anwendung gekommen ist. Das eiserne Schiff von 36,5 m Länge und 10 m Breite ist mit den beiden Schlitzen *a a* für 2 ge-

*) Hagen, Bd. III. Th. 4.

neigte Leitern versehen, von denen jede, bei 23,5 m Länge, mit 41 Eimern von je 107 l Fassungsraum versehen ist. Die obere, 4seitige Trommel bringt, bei 6,5 Umdrehungen, p. M. 13 Eimer zum Ausschütten, von denen jeder etwa zwischen 50 und 60 l Boden enthält.

Fig. 203.

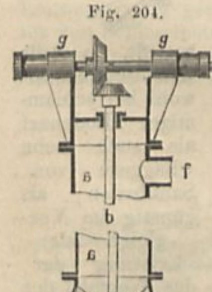


Die Geschw. der Eimerketten ist dabei 0,25 m. Die gehobene Masse gelangt durch die Abfall-Rinnen (30—45° Neigung) *b* in den Prahm *c*. Der Bagger arbeitet hier seiner Längenrichtung nach parallele Rinnen von 38 m Länge aus, zu welchem Ende er durch die Winde *d* mit einer Geschw. zwischen 1,4 und 0,5 m, je nach der Härte des Bodens, stromaufwärts bewegt wird. Nach Ausführung von 2 Rinnen (durch die beiden Eimerketten) wird der Bagger durch die Winde *e* zurück geholt und durch die Winden *f* entsprechend seitlich versetzt. Die Geschw. des Zurückholens beträgt etwa 2,5 m. — Mit der Betriebsstärke der Clyde-Bagger ist man neuerdings bis auf 75 Pfdk. gestiegen. Diese vermehrte Betriebskraft, verbunden mit einer entsprechenden Vergrösserung des Baggerschiffs — hat sich für den Nutzeffekt der Bagger als günstig erwiesen.

Auf der Unterelbe sind ebenfalls 2-leiterige Bagger — jedoch mit äusserer Lage der Leitern — zur Anwendung gekommen. —

Die Wirkung der Bagger mit 2 Leitern ist wenig vortheilhaft und daher die Leistung dieser Bagger meist nicht grösser, als die eines 1-leiterigen, besonders deshalb, weil häufige Unterbrechungen sich einstellen wegen der ungleichen Füllung der Prahme beiderseits. Auch ist bei Wellenschlag die Wirkung des Schlingerns des Schiffes bei der seitlichen Anbringung der Leitern sehr nachtheilig und giebt leichter zu Störungen Veranlassung, als bei dem Baggern mit nur einer, in der Mittelebene angeordneten Eimerkette. Aus diesem Grunde werden auch 2-leiterige Dampfbagger nur selten ausgeführt. —

Fig. 204.





10. Der Zentrifugal-Pumpen-Bagger*) **von Gwynne**, Fig. 204, besteht im wesentlichen aus einem Rohr *a*, in welchem axial die Welle *b* eines Kreisels *c* gelagert ist, die sich unterhalb des Kreisels zur Aufnahme einiger schraubenförmigen Schaufeln *d* fortsetzt, welche den Boden aufwühlen. Die Röhre ist bei *g* so zwischen 2 Prahmen aufgehangen, dass ihr, wie einer Baggerleiter, mittels Kettenzug etc., veränderliche Neigung gegeben werden kann; der Ausguss findet bei *f* statt. —

11. Der Zentrifugal-Pumpen-Bagger von **Brodnitz & Seydel**, Fig. 205, hat an Stelle der Eimerleiter einen verstellbaren kastenförmigen Trä-

*) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1869.

ger, in welchem das Pumpenrohr gelagert ist. Ausserhalb des Rohrs liegt die Betriebswelle des Kreisels, welche durch ein konisches Rad bewegt wird, dessen Trieb auf dem Schildzapfen des oben gedachten Trägers steckt, so dass beim Heben und Senken desselben ein ununterbrochener Eingriff der Räder stattfindet. Eine wesentliche Verbesserung weist dieser Bagger, im Vergleich zu dem Gwynne'schen, darin auf, dass man durch eine besondere Druckpumpe und enges Rohr stetig einen Strahl Spülwasser in die Gegend der untern Lagerung der Betriebswelle führt, um hier Sand-Anhäufungen und die Bildung sogen. todter Winkel zu verhüten. Von wesentlichem Einflusse auf die Wirkung der Maschine hat sich die Form des Trichters am untern Wellen-Ende erwiesen, welcher Trichter die Schraube von

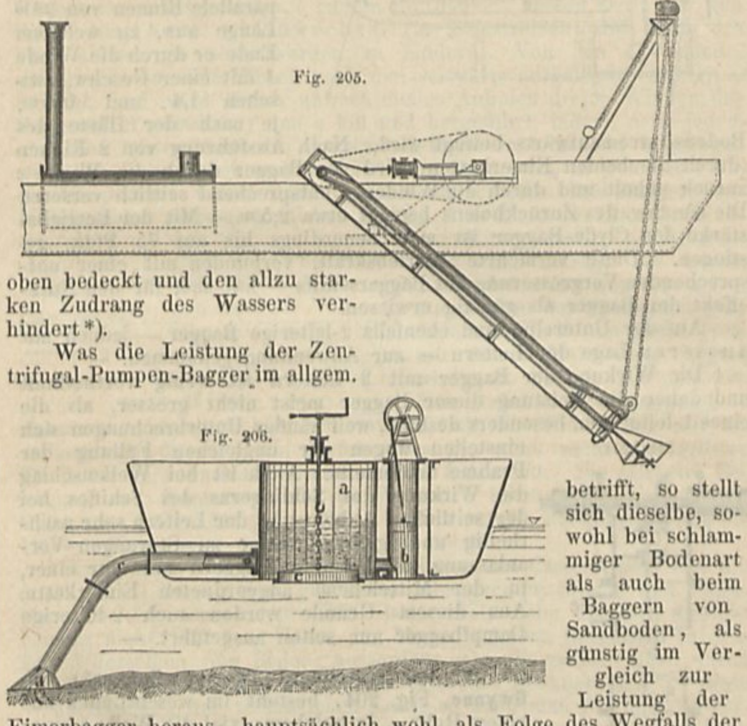


Fig. 205.

Fig. 206.

oben bedeckt und den allzu starken Zudrang des Wassers verhindert*).

Was die Leistung der Zentrifugal-Pumpen-Bagger im allgem. betrifft, so stellt sich dieselbe, sowohl bei schlammiger Bodenart als auch beim Baggern von Sandboden, als günstig im Vergleich zur Leistung der Eimerbagger heraus, hauptsächlich wohl als Folge des Wegfalls der zahlreichen bewegten Massen der letztgedachten Baggerart. —

12. Pumpenbagger von Hennig für Schlick-Baggerung in Bremerhafen ausgeführt. An die Stelle der Eimerleiter des Eimer-Baggers tritt ein schräg und beweglich gelagertes Rohr von 460 mm Durchm., welches oben in einem T Stück endigt, dessen beide Arme je an einen Stiefel einer gewöhnlichen Pumpe mit Plunger-Kolben anschliessen. Diese Pumpen, von 550 mm Durchm., haben ihr Ventil oben; der durchtretende Schlick fällt in seitlich anschliessende Schüttrinnen, die denselben an Prähme abgeben. Die Maschinen-Welle liegt quer auf dem Schiffsboden. Das Schiffs-Gefäss ist 21 m lg. 7 m br. und hat 1,5 m Tiefgang. Der

*) Deutsch. Bauzeitg. 1873 und 1875.

Bagger kann 9 m tief arbeiten und soll unter den günstigsten Arbeits-Umständen pro Stunde 450 cbm stark wässerigen Schlick fördern.*) —

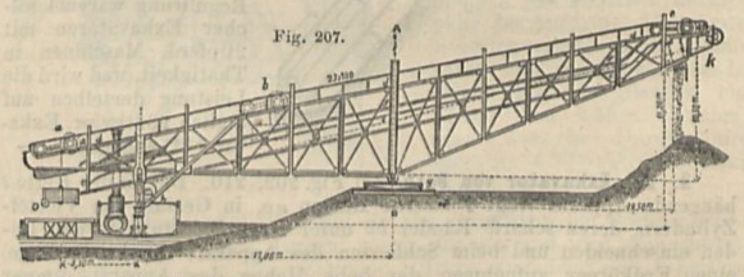
13. Der Vakuum-Bagger. Das Saugrohr eines kräftigen Pumpwerks wird teleskopartig zum Verlängern hergestellt und am untern Ende mit einem Sauger versehen. (Hafen von St. Nazaire)**).

Anstatt dieser Anordnung verwendet man in Amerika neuerdings auch grössere geschlossene Behälter, Fig. 206, welche behufs ihrer Saugwirkung durch ein Pumpwerk, oder auch durch Kondensation von eingeführtem Dampf vorher luftleer gemacht worden sind***). *a* ist der durch die Pumpe *b* luftleer gemachte Behälter und *c* das flexible Saugrohr mit dem Sauger *d*. Die Entleerung des Behälters geschieht durch Oeffnung des Bodenventils *e*. Durch Nebeneinanderstellung von zwei Behältern *a* kann der Betrieb dieses Baggers kontinuirlich gemacht werden. —

Der Pumpenbagger (sub 12), und der Vakuum-Bagger (sub 13) dürften nur bei Baggerung von stark wässerigem Schlamm günstige Arbeits-Resultate liefern. —

Fortschaffung des Bagger-Materials. Dasselbe wird i. d. R. in Prahmen aufgefangen, von denen eine grössere Anzahl durch einen Schleppdampfer nach den im Strom oder in See liegenden Entladestellen bugsirt wird. Man hat aber in einzelnen Fällen auch besonderen Prahm-Dampfer†) konstruirt, welche selbst das Baggermaterial aufnehmen und deren Maschine, ausser der Bewegung der Schraube zur Fortbewegung, auch zur Bewegung der Winden benutzt wird, mittels deren die Prahm-Klappen zum Verstürzen geöffnet, bezw. gegeschlossen werden. — Muss die Entleerung der Prahme durch Auskarren erfolgen, so sind die Kosten meist sehr gross, manchmal grösser als die Baggerkosten selbst. — In Fällen, wo die Baggerstelle nicht allzuweit vom Ufer entfernt liegt und dieses flach ist, kann die Beseitigung auch direkt vom Bagger aus mittels flexibler Schlauch-Leitungen oder geschlossener Leitungen aus Holz, die durch Einschalten von Schlauchstücken in kurzen Abständen beweglich gemacht sind, erfolgen; diese Leitungen können selbst bei nur sehr geringem Gefälle mehre hundert Meter weit geführt werden††).

Fig. 207.



Beim Bau des Suezkanals hat man mit grossem Vortheil Elevatoren nach Fig. 207 angewendet. Ein Eisen-Fachwerks-Gestell ruht an einem Ende auf einem Dampfer und im Mitteltheil auf einer Säule, um welche das Gestell schwingen kann. Die Plattform, auf welcher die Säule steht, ruht auf Rollen und ist dadurch einer Verschiebung fähig. Dieses Gerüst trägt eine Schienenbahn *dd* für einen Wagen *a*,

*) Deutsch. Bauztg. 1879.
**) Deutsch. Bauztg. 1873.
***) Knight, American Mechanic. Dict. Bd. I.
†) Instit. of Mechanic. Engineers, Proceedings. 1864.
††) Deutsch. Bauzeitg. 1870.

welcher für die aus dem Baggerprahm zu hebenden, mit Baggermasse gefüllten Kästen die Winde trägt. Ein Drahtseil, welches von der Dampfmaschine des Dampfschiffs auf eine Trommel gewunden wird, ist, nachdem es über die feste Rolle *k* geführt ist, um den Umfang einer Trommel auf der Vorderachse des Wagens gewickelt, so dass durch den Anzug des Seils diese Achse gedreht und der Wagen angezogen wird. Da nun aber diese Vorderachse gleichfalls 2 Trommeln trägt, auf welche sich Ketten wickeln, an denen der Kasten hängt, so wird letzterer gehoben, wobei er durch eine an seinem hinteren Theile angebrachte Rolle *o*, die zwischen den Koulissen-Schienen *ff* läuft, in richtiger Weise geführt und am Ende bei *c*, vermöge einer geeigneten Krümmung dieser Koulissen, gekippt wird *). —

In neuerer Zeit sind Bagger mit geneigten Eimerleitern mit Vortheil auch zur Ausführung von Erdarbeiten im Trocknen angewendet, und demgemäss Trockenbagger oder Exkavatoren genannt. Hierher gehören:

1. Der Exkavator von Couvreux, Fig. 208, welcher in ausgedehntem Maasse zuerst beim Bau des Suezkanals, später bei der Wiener Donau-Regulirung Verwendung fand. Auf einer Wagen-Plattform *a* ist Kessel *b* und Maschine *c* montirt, welche letztere, ganz wie bei gewöhnlichen Bagger-Maschinen, die obere Trommel *d* für die Eimerkette bewegt. Zum Heben der Kette dient der Ausleger *e*; der gelöste Boden fällt durch die Rinne *f* in die Wagen *g*. — Bei der Donau-Regulirung waren 4 solcher Exkavatoren mit 20pferd. Maschinen in Thätigkeit, und wird die Leistung derselben auf täglich 281 cbm pr. Exkavator**) angegeben. —

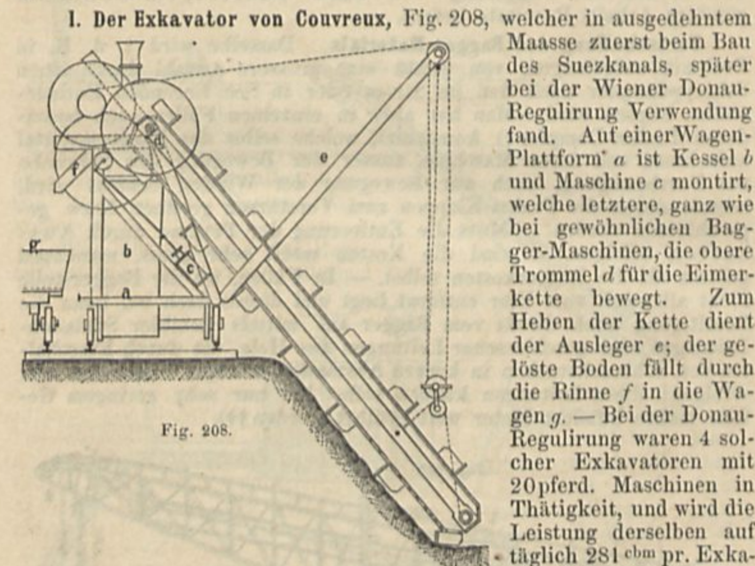


Fig. 208.

2. Der Exkavator von Both,*)** Fig. 209, 210. Der an der Kette *l* hängende Apparat trägt 2 eiserne Kästen *aa*, in Gestalt von Viertel-Zylindern, deren scharfe Ränder *bb* unter einer Belastung in den Boden einschneiden und beim Schliessen des Apparats (punktirte Lage) einen Erdkörper aufnehmen der beim Heben des Apparats empor gezogen wird. Das Schliessen der Kästen geschieht durch den Zug der Kette *c*, welche die Trommel *d* und, durch die Getriebe *e*, die Räder *f* dreht. Die mit *f* verbundenen Ketten-Trommeln *g* ziehen in Folge dessen mittels der Ketten *h* die in dem Schlitz bewegliche Achse *i* nach *i'*, wobei sich die Kästen *aa* unter Einwirkung der Schub-

*) Ueber sonstige Mittel zur Beseitigung der Baggermasse und über Baggerprahme s. Bd. III. Kap. Wasserbau.

**) Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre. Bd. 4. Deutsch. Bauzeitg. 1873.

***) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1874.

stangen *k* schliessen. Der Inhalt einer Füllung der Kästen wird zu 1,25 cbm die durchschnittl. Zugkraft zu 2500 kg angegeben. — An Belastungs-Gewicht kann bei grösseren Apparaten und schwerem Thonboden bis zu mehreren Tonnen nöthig sein. —

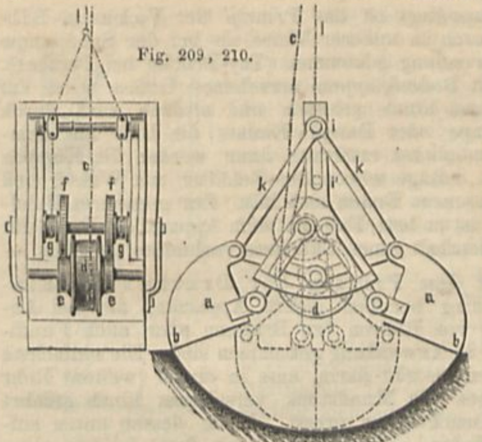


Fig. 209, 210.

3. Der Exkavator von Milroy,*) Fig 211. Das 8seitige Gestell *a* hängt mittels der Ketten *b*, des Ringes *i* u. des Hebels *c* an der Kette *d*, deren Verlängerung nach unten die Scheibe *e* mit den Ketten *f* trägt, welche an die sektorenförmigen Scharnier-Platten *g* angeschlossen sind, die im aufgeklappten Zustande den Boden des Kübels bilden. Wird der Apparat nieder gelassen, so schneiden die Ränder von *g* sich ein, da durch die Ketten *h*, die über die am Gerüst festen Rollen *k* geführt sind, ein nach unten gerichteter Druck auf das Gestell *a* ausgeübt wird. Wird dann durch die Zugleine *l* der Haken *n* aus *i* ausgelöst, so werden, beim Anzug der Hauptkette *d*, die Ketten *f* straff, schliessen die Bodenklappen und bewirken die Hebung des Apparats. Als grösste Leistung eines solchen Exkavators wird angegeben, dass in einem Tage in Glasgow ein Pfeiler von 2,55 m Durchm. um 7,6 m, im Durchschnitt aber um 4,88 m Tiefe gesenkt worden ist. —

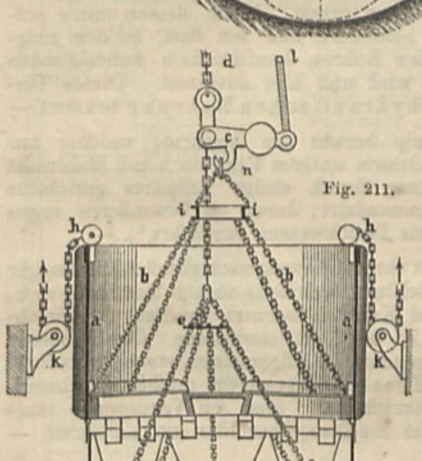


Fig. 211.

Die Sandpumpe**), Fig. 212. Ist der, besonders bei Brunnen-Fundirungen gebräuchliche Apparat hinab gelassen und wird der schwere eiserne Kolben *a* in dem Zylinder *b* durch Zugleinen von Arbeitern aufwärts gezogen, so wird durch das Rohr *c* Wasser empor steigen, welches bei darauf folgendem Niederfallen des Kolbens durch die Ventil-Klappen *e* im Deckel des Kastens *d* verdrängt wird, während der mit gerissene Sand in den Zwischenraum zwischen *d* und *c* fällt. Nach 100 bis 150 Hüben ist der Zylinder mit Sand gefüllt und wird nun der Apparat empor gehoben und nach Abnahme der Bodenplatte *f*

*) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1869.
**) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen. 1871.

entleert. Der Apparat wird in der Grösse bis etwa 1,5 m Durchm. und 1,0 m Höhe ausgeführt und leistet im allgem. gute Dienste. —

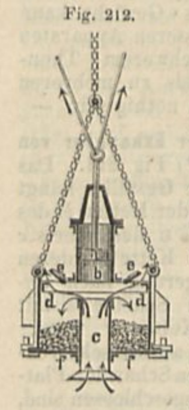


Fig. 212.

Neuerdings ist das Prinzip der Vakuum-Bildung auch in anderer Weise als bei der Sandpumpe zur Anwendung gekommen (Tay-Brücke bei Dundee). Ein mit Bodenklappen versehenes Gefäss wird auf den Grund hinab gelassen und alsdann wird durch Luftpumpe oder Dampf-Einlass die Luft aus demselben möglichst entfernt; dann werden die Klappen geöffnet, infolge wovon der Behälter mit Wasser und mit gerissenem Boden sich füllt. Zur genaueren Handhabung ist im betr. Falle mit dem Apparat ein Raum für den Aufenthalt eines Tauchers verbunden gewesen. —

Auf dem Prinzip der Druckwasser-Einspritzung beruhen mehre Apparate, die bei Absenkung von Röhren (zu Brunnen oder auch Fundirungen) in Anwendung gekommen sind. Die einfachste derselben besteht darin, dass in einem (weiten) Rohr ein enges mit Mundstück versehenes hinab geführt wird, in welches man Druckwasser presst, durch dessen unten auftreffenden Strahl der Boden gelockert und mit dem, in dem ringförmigen Raum zwischen beiden Rohren kontinuirlich aufsteigenden Wasser nach oben gefördert wird und hier ausfliesst. Dieses Verfahren ist unter dem Namen der hydraulischen Bohrung bekannt. —

Auf dem Injektor-Prinzip beruht ein Apparat, welcher aus einem Steigerohr besteht, um dessen unteres Ende sich mit Hohlraum eine Muffe legt, deren Höhlung durch einige aufwärts gerichtete Düsen mit dem Steigrohr kommunizirt; durch ein besonderes, enges Rohr wird diesem Hohlraum das Druckwasser zugeführt*). —

Apparate, welche der Art ihrer Leistung nach gleichzeitig Bagger und Exkavatoren sind, sind Maschinen, welche in nassen Torfmooren, zum Ausheben von Gräben und Kanälen benutzt werden; ein gleichzeitig dabei verfolgter Zweck ist die Torf-Gewinnung. Des letzteren Zweckes halber fallen diese Apparate im allgemeinen etwas komplizirt aus. Der aus verschiedenen Messer-Systemen gebildete Schneid-Apparat und die „Ablege-Vorrichtung“ sind am Vorderende eines Schiffs-Gefässes montirt, welches die Dampfmaschine etc. aufnimmt. —

10. Rammen.**)

1. Die Zugramme, Fig. 213, 214. Der Bär *a* hat ein Gewicht von 6 bis 12 z; für letzteres Gewicht ist das Ramm-Tau 50 mm stark, die Rammscheibe *b* mind. 0,5 m gross zu machen. Der Hub beträgt 1,0 bis 1,5 m und ist für jeden Arbeiter eine Zugkraft von 15—16 kg und eine Grundfläche von 0,45—0,5 qm zu rechnen. Auf eine Hitze von 20—30 Schlägen, welche in 60—80 Sek. erfolgt, kommt eine Pause von 1,2—2 Min., so dass auf 10stündige Tagesarbeit, incl. 3 Stunden für Nebenarbeiten, etwa 160 Hitzen kommen. Die Tagesleistung beträgt daher pr. Arbeiter etwa nur 80000 mkg, ist also viel kleiner als die

*) Rziha, Eisenb.-Unter- u. Oberbau. Bd. 2.

**) Ueber die Vorzüge der Kunstrammen vor den Zugrammen s. u. a. Hagen, Wasserbau, Th. I; ferner Sonne und Köpke: Zeitschr. d. hannov. Arch.- u. Ing.-Ver. Jahrg. 1858, 1860; Deutsch. Bauzeitg. 1869. Ebenfalls ist zu vergleichen: Bd. III. Kap. „Wasserbau“.

Arbeit an der Kurbel. Das Heranholen und Aufziehen der Pfähle geschicht mittels des Kreuzhaspels *c* und der Rollen *d*. —

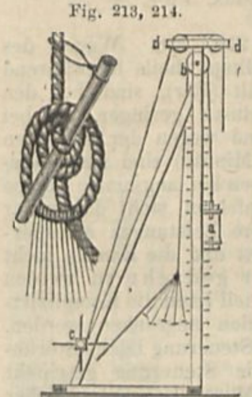


Fig. 213, 214.

2. Die Kunstramme, Fig. 215. Das Bär-Gewicht ist 500—750 kg, die Hubhöhe zwischen 2 und 8 m. Für die Winde sind 4 Mann erforderlich. Da der Effekt des Schlages grösser ist, als bei der Zugramme, so wirkt die Kunstramme noch bei Rammtiefen, wo die Zugramme nicht mehr wirksam ist. Da ferner die stossende Masse (Bär) grösser ist, so ist der mit dem Stosse unvermeidlich verbundene Verlust an lebendiger Kraft geringer. Ein Theil dieses Vorzuges wird indess dadurch wieder aufgewogen, dass die Schläge zu langsam auf einander folgen, die Rammpfähle also Zeit haben, sich inzwischen im anschliessenden Erdboden fest zu setzen, was bei rascher Aufeinanderfolge der Schläge (der Zugramme z. B.) weniger stattfindet. Die Geschwindigkeit des Aufwindens ergiebt sich aus dem Bärgewichte, dem Umsetzungs-Verhältniss der Winde und deren Wirkungsgrad, welchen man zu $\eta = 0{,}80$ bis 0,85 annehmen kann. — Der Haken oder Schnepper der Kunstramme hat entweder eine Einrichtung wie in Fig. 216, wobei er durch das Gewicht *b* zum Einschnappen gebracht und durch die Zugschnur *c* ausgelöst wird, oder man bildet ihn scherenförmig, wie in Fig. 217, wobei die Friktions-Rollen *bb* durch Anstossen an einen verstellbaren Knaggen das Oeffnen bewirken. Fig. 218 zeigt einen Fallblock mit Zange, wie er bei einer durch Lokomobile bewegten Kunstramme von Castor angewandt worden ist. Das Auslösen geschieht hier von Hand mittels der Zugschnur *a*, welche den langen Hebelarm *b* der im Fallblocke angebrachten Daumen-Welle *c* dreht, wobei die Daumen *d* die Zange öffnen. —

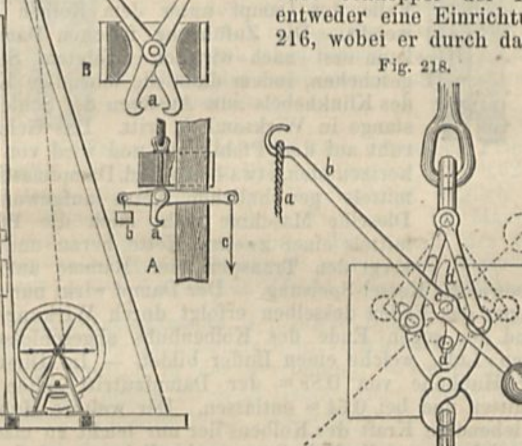


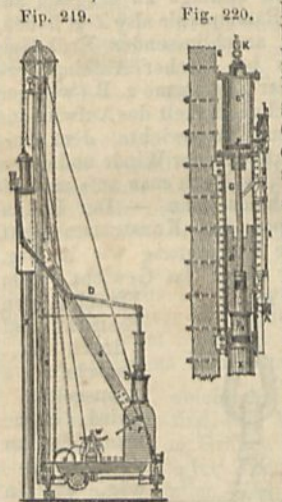
Fig. 215, 216, 217. Fig. 218.

3. Die Wippramme von Bovy*). Die Hebung des Bärs erfolgt mittels eines langen Hebels, an dessen kurzem Ende ein kleines Stück Gelenkkette sitzt, welche den mit Vorrichtung zum Abstreifen versehenen Bär trägt. Damit der Hub nicht nach einer Bogenlinie, sondern in

*) Deutsch. Bauzeitg. 1869.

einer Vertikalen geschehe, hat der Kopf des Hebels eine bogenförmige Leitschiene erhalten, auf welche das Kettenende beim Heben nach und nach sich auflegt. Die Fallhöhe ist im Max. 1,6 m. —

4. Die Nasmyth'sche Dampframme, Fig. 219, 220. Wegen des grossen Gewichts (25—50 t), das auf dem Pfahlkopf theils fortwährend lastet (Gehäuse) theils auf denselben niederfällt (Bär), sind bei den direkt wirkenden Dampframmen die Stoss-Verluste geringer, als bei den Zug- und gewöhnlichen Kunstrammen, und wegen der schnellen Aufeinanderfolge der Schläge (60—80 in der Minute) sind sie besonders wirksam bei gewissen Bodenarten, in welchen bei langsamem Tempo der Pfahl sich fest setzt. Dampframmen empfehlen sich daher für die meisten Fälle, voraus gesetzt, dass grössere Leistungen erforderlich sind, ev. hinreichender Raum vorhanden ist und die Ramme nicht häufig versetzt oder gedreht zu werden braucht. Als Nachtheil kann die Kompliziртheit der Konstruktion angesehen werden, insbesondere ist die Steuerung leicht Störungen ausgesetzt. Die Steuerung geschieht durch gewöhnlichen Muschelschieber, welcher durch den Dampfdruck auf den Steuerkolben stetig nach oben und durch einen Hebel, gegen den der Bär in höchster Stellung anstösst, nach unten gedrückt wird, in welchem Falle der Dampf unter dem Kolben entweicht. Die Zuführung frischen Dampfes kann erst nach wirklich erfolgtem Stosse geschehen, indem dann die lebendige Kraft des Klinkhebels zum Auslösen der Schieberstange in Wirksamkeit tritt. Das Gehäuse ruht auf dem Pfahlkopfe und wird von der horizontalen, etwa 4—6 pferd. Dampfmaschine mittels gewöhnlicher Kette aufgewunden. Dieselbe Maschine zieht auch die Pfähle mittels einer zweiten Kette heran und besorgt den Transport der Ramme auf der Schienen-Bahn, sowie die Kessel-Speisung. — Der Dampf wirkt nur zum Heben des Kolbens; das Fallen desselben erfolgt durch Wirkung der Eigenschwere und der gegen Ende des Kolbenhubs abgeschlossenen und komprimirten Luft, welche einen Buffer bildet. — In Dirschau wurde bei einer Hubhöhe von 0,89 m der Dampfzutritt schon bei 0,625 m abgeschnitten und bei 0,64 m entlassen. Der weitere Hub erfolgt durch die lebendige Kraft des Kolbens der nur leicht zu machen ist, um die Stosswirkung auf die Kolbenstange thunlichst zu mindern.*)


Fig. 219. Fig. 220.

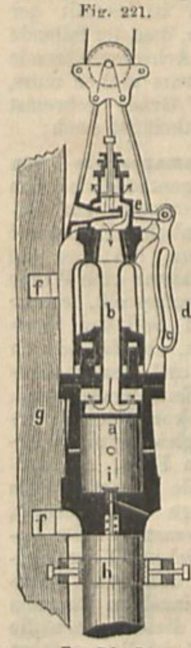
5. Dampframme mit Oberdampf-Wirkung (von Schwartzkopf). Durch Verdickung der Kolbenstange, nach dem Prinzip der Daelen'schen Dampfhämmer, hat Schwartzkopf**) eine Dampframme für Oberdampf-Wirkung konstruirt. Die Wirkung erfolgt auf die ringförmige Unterfläche des Kolbens und der Dampf expandirt beim Fallen des Bärs in dem über dem Kolben befindlichen grösseren Raum des Zylinders, auf diese Weise den Effekt des Schlages erhöhend. Die sehr komplizirte Kon-

*) Ueber die spez. Einrichtung und die Leistungen der Nasmyth'schen Dampframme vergl. Verhandl. d. Ver. zur Beförderung des Gewerbfl. 1848. Zeitschr. des Hann. Arch.- u. Ing.-Ver. 1865. Deutsch. Bauzeitung 1868 u. 1875.

**) Zeitschr. d. Ver. deutsh. Ingen. 1860.

struktion ist wenig in Aufnahme gekommen, mehr dagegen eine andere Ausführungsweise, die von Morrison herrührt. —

Fig. 221.



6. Die Dampframme von Riggenbach*), Fig. 221. Hier ist dem Rammbär *a* die Form des Dampfzylinders gegeben und wird der Dampf (wie bei dem Condié'schen Dampfhammer), durch die hohle Kolbenstange *b* mittels eines Steuerkolbens in den oberen Theil des Zylinders geführt. Die Führung erhält hierbei der Zylinder in einem Rahmen, in dessen oberer Traverse die Kolbenstange befestigt ist und welcher mittels der Knaggen *f* an den Läuferruthen *g* geleitet wird, während er mit dem unteren Ringe an den Pfahl *h* fest geschraubt ist. Letzteres ist deswegen erforderlich, weil der Zylinder beim Aufsteigen ein Luftquantum abschliesst, welches vermöge der Expansion das Fallen beschleunigt. Die Steuerung erfolgt durch den Winkelhebel *de*, dessen vertikaler Arm *d* mit einer Koulissen-Führung versehen ist, in welcher ein Knaggen des Zylinders geführt wird, während der horizontale Arm *e*, in Folge der durch die Koulisse veranlassten Schwingung, den Steuerkolben regiert; *i* ist ein Auslass-Ventil für das Kondensations-Wasser. Bei diesen Rammen ist das todte Gewicht (d. h. dasjenige der nicht mit schlagenden Theile) geringer als bei der Nasmyth'schen Ramme; auch ist die stossende Wirkung des Rammbärs gegen die Steuerungs-Theile hier vermieden. —

7. Die Ramme von Lewicki, nach demselben Prinzip wie vor konstruirt**) soll bei 298 mm Zylinder-Durchm. und 0,62 m Hubhöhe (bei der Düna-Regulirung) im Durchschnitt täglich 50 Pfähle von 0,1 qm Querschnitt auf 6,43 m Tiefe und im Maxim. 66 Pfähle in 12 Stunden eingeschlagen haben. Die Anzahl der Schläge pro Min. betrug, bei 4 Atm. Ueberdruck und einem Bärgewicht von 1316 kg, etwa 57 und es kamen auf 1 Pfahl zwischen 780 und 840 Schläge. —

Dampf-Kunstrammen, d. h. durch Dampf betriebene Kunstrammen, sind in neuerer Zeit mehrfach in verschiedener Art versucht worden. Sie sind einfach in der Herstellung, sowie in der Handhabung und haben sich neben direkten Handbetriebe bewährt. Die bemerkenswerthesten Konstruktionen sind folgende:

8. Die Schwartzkopf'sche Ramme, Fig. 222, 223***). Von einer auf der Plattform aufgestellten Lokomobile wird (mittels Clissold'scher Keilkette), die Scheibe *a* auf der Winde in kontinuirliche Drehung versetzt. Zwei Trommeln (Fig. 223), *b* für das Rammtau, *c* für das Pfahlwinde-Tau, sitzen lose auf der Welle und können, die eine oder die andere, von der Betriebs-Scheibe *a* durch Friktion mit genommen werden, wenn sie gegen die Scheibe *a* mit Hilfe der Schraube *d* und des Handrades *e* gepresst werden. Die Maschine hat 12 Pfdkr., der Bär 600 kg Gewicht. Die Ramme schlug täglich 6 bis 10 Pfähle von 16 m Länge ein. — Als ein Vorzug tritt hier der Wegfall des ausklinkbaren

*) Polyt. Centralblatt 1865. Verhandlg. d. Ver. zur Beförderung des Gewerbfl. 1865.
**) Civil-Ingen. Bd. XXI.
***) Verhandl. d. Ver. zur Beförderung des Gewerbfl. 1865.

Hakens oder Schneppers auf, indem das Fallen des Rammbärs erfolgt, sobald der Maschinist die Kuppelung durch Drehung des Handrades auslöst; doch ist hiermit der Nachtheil verbunden, dass der fallende Rammbär die auf der Achse lose sitzende Trommel *b* mit herum ziehen muss, daher in gewissem Grade gebremst wird. Dieser Nachtheil ist auch:

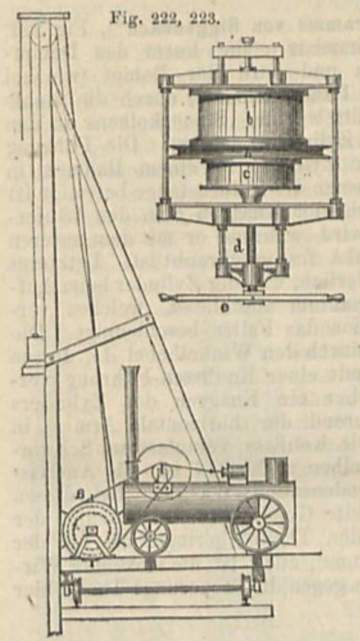


Fig. 222, 223.

9. dem Rammapparate von Graul *), Fig. 224, eigenthümlich. Um jede beliebige Lokomobile zur Bewegung jeder gewöhnlichen Zugramme verwenden zu können, ist hier auf der Plattform der Ramme eine Winde für den Rammbär aufgestellt, welche durch ein Baumwoll-Seil von 15^{mm} Stärke mittels einer, ebenfalls durch eine Schraube ein- und auszurückenden Friktions-Kuppelung bewegt wird. Um von derselben Lokomobile *a* m e h r e r e Rammen *bbb* gleichzeitig zu betreiben, ist auf dem Floss, auf welchem die Lokomobile plazirt ist, ein besonderes Vorgelege *c* aufgestellt, d. h. eine durch Riemen von der Lokomobile aus betriebene Vorgelegs-Welle, welche mit den Seil-Triebscheiben für die einzelnen Rammen versehen ist. Von diesen gehen die Triebseile, durch Leitrollen geführt und durch Gewichte gespannt, nach den Seilscheiben der Winden der einzelnen Rammen. Mit 3 solchen Rammen und einer 6 pferd. Lokomobile wurden in Dresden 459 Pfähle von 3—5^{m} Länge und 0,19^{m} Seite, sowie 1634 andere Pfähle von bis 4^{m} Länge und 0,70 $\times$ 0,25 Stärke in Tiefen zwischen 1,2 und 2,2^{m} innerhalb 32 Tagen (in Gerölle-Boden) eingetrieben. Der Rammbär arbeitete bei 410^{kg} Gewicht am besten mit 3^{m} Hubhöhe und wurde mit 0,33^{m} Geschw. empor gewunden. Die Maschine machte, bei 0,26^{m} Zylinder-Durchm. und 0,4^{m} Hub, bei 3 Atm. Ueberdruck, 100 Umdreh. Die einfache Einrichtung und die sofortige Verwendbarkeit jeder zu Wasserschöpf-Arbeiten oder sonstigen Arbeiten etwa vorhandenen Lokomobile macht diese Anordnung besonders bei weniger umfangreichen Arbeiten recht empfehlenswerth. —

Fig. 224.

10. Die Dampf-Kunstramme mit endloser Kette von Eassie **) (Verbesserung der Maschine von Sisson und White) ist durch Fig. 225, 226

*) Protokolle des Sächs. Ing.- u. Archit.-Ver. Dec. 1874.
**) Institution of Mechan. Engin. Proc. 1867.

dargestellt. Eine an dem stehenden Dampfkessel *a* montirte Maschine *b* bewegt hier durch Zahnräder ein Kettenrad *c*, welches der endlosen Gall'schen Gelenk-Kette *d* eine ununterbrochene Bewegung ertheilt.

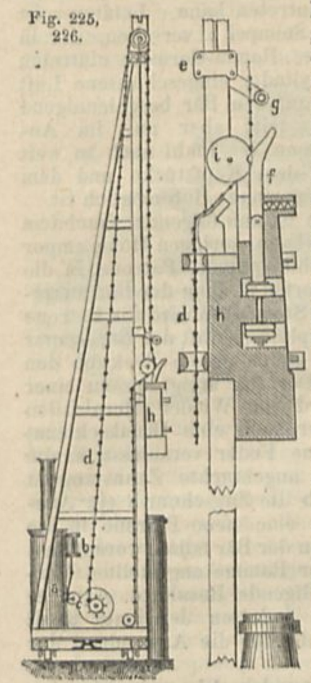


Fig. 225, 226.

Der mit dem Bär *h* verbundene Schnepper *f* greift mit seinem Haken über einen Bolzen der Kette, welche in Folge dessen den Bär so weit mit empor nimmt, bis der Schnepper durch den mit dem Fallblock *e* verbundenen Ausstosser *g* ausgelöst wird. Die Walze *i* ist hierbei in einem besonderen Fallblocke angebracht, welcher von dem aufsteigenden Bär mit genommen wird; die Führung der Kette durch die Walze *i* bezweckt ein Erfassen des Rammbärs in seiner Schwerlinie, um ein seitliches Klemmen zu vermeiden. Die obere Plattform der Ramme ist übrigens auf der unteren, versetzbaren um einen Mittelzapfen etwas drehbar. — Gelenk-Ketten, wie hier verwendet, haben den Nachtheil häufiger Reparaturen; auch ist der schädliche Einfluss der Stösse, welche der Schnepper erleidet, wenn die Kette ihn erfasst, nicht ganz zu vermeiden. —

11. Die Dampf-Kunstrammen von Menck und Hambrock in Ottensen b. Altona, welche durch ihre Einfachheit und Zweckmässigkeit beliebt geworden sind, haben ebenfalls eine endlose Gliederkette, welche den Rammbär erfasst und zum Aufsteigen nöthigt, sobald mittels einer Zugleine ein in dem Rammbär befindlicher, verschiebbarer Daumen in ein Kettenglied geschoben wird. Das Herausziehen dieses Daumens aus der Kette geschieht selbständig in einer beliebig zu regulirenden Höhe, worauf ein freies Herabfallen des Bärs stattfindet. —

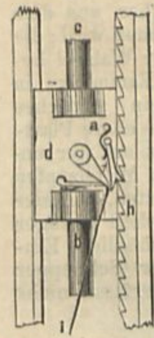
Fig. 227.

12. Dampf-Dunstramme ohne Winde, Fig. 227. Die Bewegung des Dampfkolbens wird mittels eines Flaschenzugs direkt zum Hube des Rammbärs verwandt. Die Kolbenstange des liegenden Zylinders *a* trägt hier nämlich die lose Rolle *b*, welche bei der Verschiebung von *b* nach *b'* durch die Seilführung *cdbefg* den Rammbär auf die doppelte Höhe hebt. Die Einleitung des Hubes erfolgt durch den Steuerungs-Händel *h*, die Entlassung des Dampfes durch Anstossen des Kreuzkopfs an einen Knaggen auf der Schieberstange. Der Rammbär fällt alsdann sofort, muss aber dabei den Kolben mit zurück ziehen und wird durch die vielen Widerstände des Seils gehemmt. Die Seilführung ist so gewählt, dass beim Einsinken des Pfahls immer dieselbe Seillänge erforderlich ist. Eine grössere Verbreitung hat diese Konstruktion ebenso wenig erlangen können, wie:

13. die sogen. pneumatische Ramme von Varley. —

14. Die Pulverramme von Shaw*), Fig. 228. Auf dem Pfahlkopf ist hier ein gusseisernes Kopfstück befestigt, welches oberhalb mit einer 0,11 m weiten, 0,5 m tiefen Ausbohrung versehen ist, in die der untere Stempel *b* des Rammbärs *d* eintreten kann. Letzterer ist auch nach oben mit einem eben solchen Stempel *c* versehen, der in einen Luft-Zylinder im obersten Theile des Ramm-Gerüstes eintreten kann, in welchem Falle die in diesem Zylinder eingeschlossene Luft komprimirt wird und, wie eine Prellfeder, auf den Bär beschleunigend wirkt. Diese Wirkung des Luftkissens tritt aber nur im Anfange des Rammens ein, wenn der Pfahl noch so weit heraus ragt, dass zwischen dem Kopfstücke und dem Zylinder dem Bär *d* nur ein geringer Hub möglich ist.

Fig. 228.



Die Wirkung der Ramme ist nun folgende: Nachdem der Rammbär *c* zu einer gewissen, geringen Höhe empor gewunden ist, wird eine Schiesspulver-Patrone in die Höhlung des Kopfstücks geworfen u. dann der Bär ausgelöst. Durch den Schlag des Stempels *b* wird die Patrone entzündet und durch die Explosionskraft der Bär empor geschleudert, während die gleich grosse Reaktion den Pfahl nach unten treibt. Der Bär steigt bis zu einer bestimmten Höhe und wird am Wieder-Herabfallen durch eine Sperrklinke (oder auch eine Druckschiene) gehindert, welche, durch eine Feder veranlasst, in die an der einen Läuferruthe angebrachte Zahnstange *h* einspringt. Erst wenn durch die Zugschnur *i* ein Auslösen der Sperrklinke geschieht, nachdem eine neue Patrone in die Kopfstück-Höhlung geworfen worden ist, kann der Bär fallen, worauf dasselbe Spiel sich wiederholt. — Die mit dieser Ramme angestellten Versuche haben bis jetzt im allgem. befriedigende Resultate ergeben; unter gewissen lokalen Verhältnissen kann indessen der laute Knall beim Explodiren der Patronen ein Hinderniss für die Anwendung der Pulver-Ramme bilden. —

Es ist schliesslich an dieser Stelle kurz der A b s e n k u n g v o n P f ä h l e n m i t t e l s D r u c k w a s s e r (sogen. Einspritzen) zu gedenken, welches Verfahren unter besonderen Umständen sehr vortheilhafte Verwendung findet und in neuerer Zeit auch nicht gerade selten zur Ausführung gekommen ist**). —

11. Steinbohr-Maschinen.***)

Dieselben beruhen fast sämmtlich auf dem Prinzip des M e i s s e l - B o h r e n s, wonach ein Meissel, dessen gerade Schneide eine Länge = dem Durchm. des Bohrlochs hat, durch rasch folgende Schläge getrieben, nach jedem Schlage um einen geringen Winkel gedreht (umgesetzt) wird. Es sind bei diesen Maschinen daher 3 Bewegungen zu erzeugen: 1. das stossweise Vorschieben und Zurückziehen des Meissels, 2. das Umsetzen desselben und 3. das Vorrücken nach Massgabe wie die Vertiefung des Bohrlochs vorschreitet. — Das Vorrücken geschieht meist aus freier Hand, das Stossen und Umsetzen selbstthätig durch die Maschine. Diese Bewegungen wurden früher zuweilen durch Dampfkraft ausgeführt; neuerdings wendet man fast allgemein komprimirte Luft von 1½—2½ Atm. effektiver Spannung an. Die damit verbundenen Vortheile bestehen zunächst in der Möglichkeit, die Kraft ohne wesentliche Verluste auf weite Entfernungen übertragen zu können, während der direkten Anwendung von Dampf die Kondensation desselben in den Röhren im Wege steht. Ferner bietet die gebrauchte Luft ein vorzügliches Mittel zur Ventilation und Wetterführung bei Tunnel- und Grubenbauten. — Bei der Ausführung ist, ausser auf Erlangung einer möglicht einfachen Konstruktion und grossen Arbeitsleistung, darauf zu rücksichtigen, dass die heikleren Theile, namentlich die Steuerung, möglichst vor dem bei der Arbeit entstehenden Schmutz und Staub geschützt sind.

---

*) Engineering. 1869. Deutsch. Bauzeitg. 1875 u. 1877.

**) Zeitschr. d. Hannov. Archit.- u. Ingen.-Ver. 1878; Deutsch. Bauzeitg. 1874.

***) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1874; Deutsch. Bauzeitg. Jahrg. 1878.

1. Die Bohrmaschine von Dubois et François, Fig. 229, hat im allgem. eine ähnliche Bauart wie die beim Bau des Mont-Cenis-Tunnels angewandte Maschine von Sommeiller*), gegen welche sie aber mehrfache Verbesserungen aufweist, Der Kolben *a* wird durch die komprim. Luft abwechselnd von der einen oder andern Seite gedrückt und so die alternirende Bewegung der Kolbenstange, welche

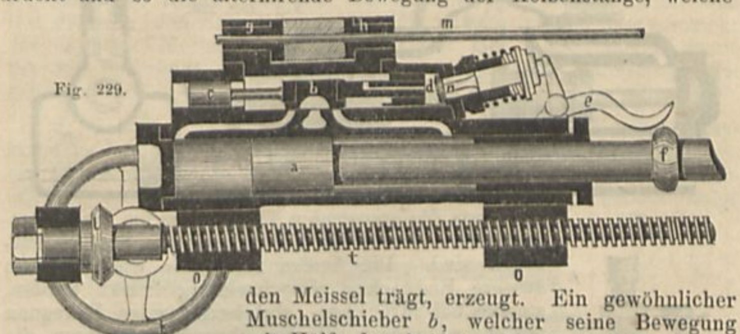
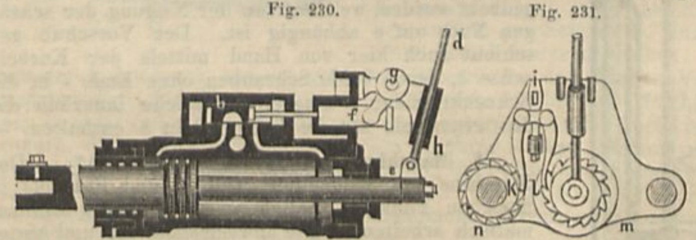


Fig. 229.

den Meissel trägt, erzeugt. Ein gewöhnlicher Muschelschieber *b*, welcher seine Bewegung mit Hülfe der beiden kleinen Steuerkolben *c* und *d* erhält, bewirkt die Luft-Vertheilung, indem das kleine Auslass-Ventil *n* beim Rückgange der Haupt-Kolbenstange durch das Anstossen eines Knaggens an den Hebel *e* geöffnet wird und dadurch die Steuerkolben, nebst Schieber (durch den Ueberdruck auf *d*) nach rechts bewegt werden. Die Umsetzung des Bohrers geschieht durch 2 auf der Stange *m* sitzenden Hebel *g* und *h*, welche durch kleine Luftkolben abwechselnd gedreht werden, wodurch der Stange *m* eine schwingende Bewegung ertheilt wird, die durch Sperrad und Sperrkegel in eine ruckweise Drehung der Kolbenstange, behufs Umsetzung des Bohrers, sich verwandelt. Der Vorschub der Maschine geschieht durch die Leitspindel *i*, welche durch das Handrad *k* und die konischen Räder *l* in Umdrehung gesetzt wird, wodurch die mit der Bohrmaschine verbundene Mutter *o* vorwärts geht. —

2. Maschine von Sachs, Fig. 230, 231. Auch hier wird der Kolben *a* durch einen Muschelschieber *b* gesteuert, dessen Bewegung

Fig. 230. Fig. 231.



durch den Winkelhebel *fgh* erfolgt, welchem durch die mit der Kolbenstange bei *c* drehbar verbundene Stange *cd* eine schwingende Bewegung ertheilt wird. Durch einen 3. Arm, mit *g* verbunden, nimmt auch die Stange *i* an dieser schwingenden Bewegung Theil, in Folge dessen sie, durch die beiden Schiebklinken *l* und *k*, 2 Sperrädern, *m* und *n* eine ruckweise Drehung ertheilt. Während die Drehung von *m* zu einer Umsetzung des Meissels dient, wird durch die Umdrehung

*) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1871.

des Rades *n*, das mit der Mutter der Leitspindel verbunden ist, ein selbstthätiger Vorschub der Maschine erreicht. —

3. **Maschine von Brydon, Davidson und Warrington**, Fig. 232, 233, zeichnet sich neben ihrer einfachen Konstruktion, besonders dadurch

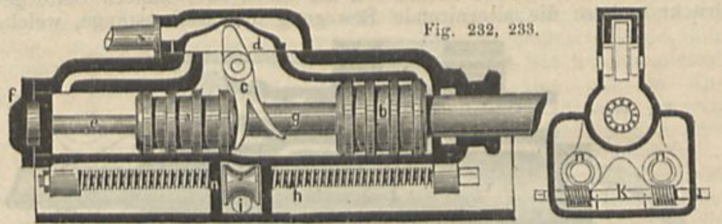


Fig. 232, 233.

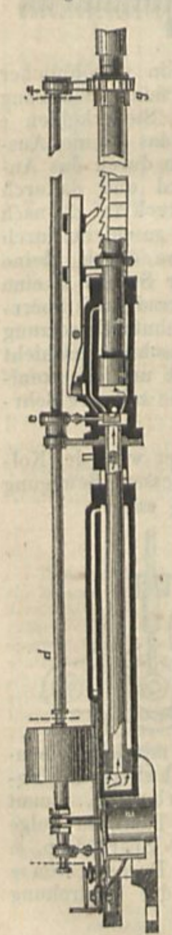


Fig. 234.

aus, dass die steuernden Theile ganz ins Innere verlegt und dadurch der Einwirkung des Staubes entzogen sind. Die beiden Kolben *a* und *b*, deren äussere Endflächen abwechselnd gedrückt werden, stossen bei ihrer hin- und hergehenden Bewegung mit ihren inneren Flächen abwechselnd gegen die Arme des Steuerungs-Hebels *c*, durch dessen Oszillation der Vertheilungs-Schieber *d* in Bewegung gesetzt wird. Die Umsetzung geschieht hier in eigenthümlicher Art. Die Stange *e* ist in dem hinteren Zylinder-Deckel drehbar befestigt; durch ein Sperrad *f* ist ihr aber nur in einer Richtung (nach links) die Drehung gestattet. Auf dieser Stange befindet sich eine steile, schraubenförmige Nuth, in welche ein Zahn der röhrenförmigen Kolbenstange *g* eintritt. Bei der Verschiebung von *g* auf *e* nach links wird daher *g*, vermöge dieser schrägen Nuth, gedreht, indem bei dieser Bewegung *e* durch das Sperrad *f* fest gehalten wird. Bei dem Vorwärtsgange der Kolben nach rechts hingegen kann *e* sich drehen, so dass die Kolben und der Bohrer also jedesmal nur beim Rückgange in einem gewissen Betrage gedreht werden, welcher von der Neigung der schrägen Nuth auf *e* abhängig ist. Der Vorschub geschieht auch hier von Hand mittels der Kurbelachse *k*, deren beide Schrauben ohne Ende *i* in die Schneckenräder *n* eingreifen, welche innerlich die Muttergewinde für die Leitspindeln *h* enthalten. —

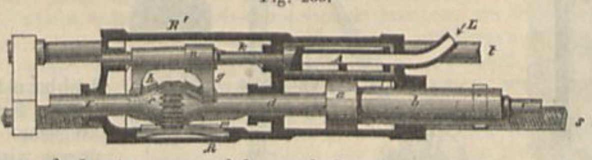
4. **Maschine von Ferroux**, Fig. 234*). Der Maschine von Sommeiller, Dubois und Francois in manchen Punkten ähnlich, und vollständig automatisch arbeitend. Die abwechselnd vor und hinter den Arbeitskolben tretende Luft wird durch einen Muschelschieber vertheilt, welcher seine Bewegung durch das Exzenter *c* erhält, dessen Welle die Drehung durch einen besonderen kleinen Kolben-Mechanismus *e* ertheilt wird. Durch ein 2., auf der Welle sitzendes Exzenter *f* wird eine Sperrklinke zum Drehen des Sperrades *g*, behufs der Umsetzung bewegt. Der Vorschub endlich geschieht ebenfalls

*) Rziha, Eisenb.-Unter- u. Oberbau. Bd. 1.

durch den Druck der Luft auf den Kolben dessen hohle Kolbenstange am vorderen Ende den Arbeits-Zylinder trägt, indem sie gleichzeitig zur Zuleitung der Luft in den Schieberkasten dient. Der Vorschub des Arbeits-Zylinders geschieht ruckweise. Wenn nämlich der Bohrer um ein gewisses Stück in das Gestein eingedrungen ist, stösst der Knopf *i* auf der Kolbenstange gegen eine Klinke und löst dadurch den Sperrkegel einer Zahnstange aus, so dass nunmehr der Arbeits-Mechanismus dem Drucke der Luft folgen kann, bis der Sperrkegel durch den nächsten Zahn der Zahnstange fest gehalten wird. —

5. **Maschine von Mac-Kean**, Fig. 235*). Hierbei wird dem Arbeitskolben *a* beiderseitig die Luft durch einen Hahn *A* zugeführt, welcher eine oszillirende Bewegung dadurch erhält, dass 2 konische Verstärkungen der Kolbenstange abwechselnd gegen 2 pendelförmige

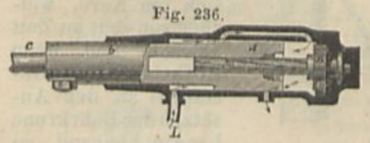
Fig. 235.



Arme *g* und *h* stossen, welche auf der Achse *k* des Hahns *A* angebracht sind. Der eine Arm *g* wird gleichzeitig dazu benutzt, *bei* seiner pendelnden Bewegung durch eine Sperrklinke die mit Schaltrad versehene Mutter der Vorschiebe-Schraube entsprechend zu drehen. Das Umsetzen des Bohrers geschieht durch die zwischen den konischen Anläufen befindliche Riffelung der Kolbenstange, in welche Riffelung eine schräge Feder, oder Rippe *m* die am Gestell-Rahmen befestigt ist, eingreift. —

6. **Maschine von Darlington**, Fig. 236**). Sie zeichnet sich durch grosse Einfachheit vor allen anderen aus, indem hier der Arbeitskolben *a* gleichzeitig als Steuerkolben dient. Die bei *L* eintretende Luft wirkt fortwährend auf die Ringfläche der Vorderseite des Kolbens und tritt, wenn der Kolben zurück geschoben ist, durch einen Kanal hinter denselben, so dass der Ueberdruck auf die grössere Hinterfläche den Kolben-Vorstoss bewirkt. Das Umsetzen geschieht ähnlich wie bei der Maschine von Brydon (ad 3) mit Hülfe des mit einer schrägen Nuth versehenen Stifts *m*, welchem durch ein Sperrrad *h* eine Drehung nur nach der einen Richtung gestattet ist. — In Folge der Einfachheit der Einrichtung kann diese Maschine in der Min. mit 600—800 Schlägen arbeiten, während die übrigen Perkussions-Maschinen nicht mehr als 200 Schläge pro Min. vollführen. —

Fig. 236.

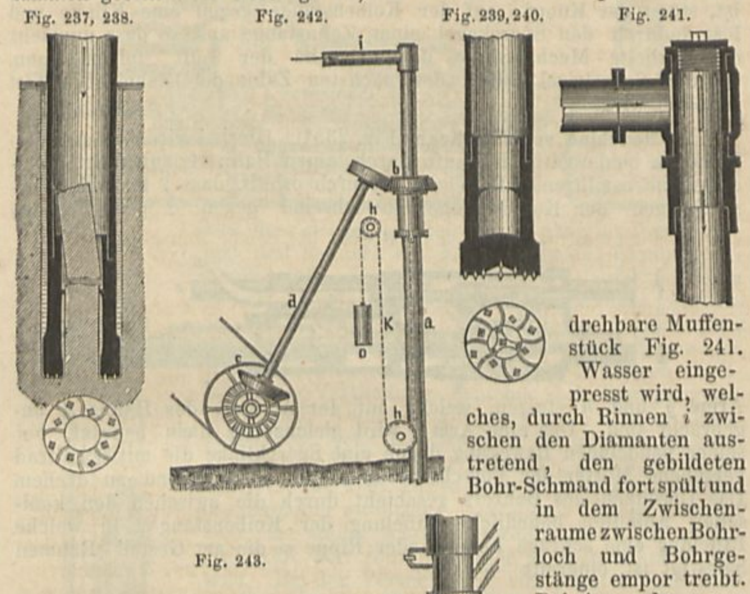


7. **Diamant-Bohrer*****). In neuerer Zeit hat man den kontinuirlich rotirenden Bohrern besondere Aufmerksamkeit zugewendet, namentlich seitdem man die Bohrer mit Diamanten (schwarzen aus Bahia) armirt hat. Die Bohrer sind hier entweder Hohlbohrer von Stahl

*) Rziha, Eisenb.-Unter- u. Oberbau. Bd. 1.
**) Rziha, Eisenb.-Unter- u. Oberbau. Bd. 1.
***) Deutsch. Bauztg. 1876 u. 1877.

oder Messing, Fig. 237, 238, oder Vollbohrer, Fig. 239, 240 deren untere Flächen mit erbsengrossen Diamanten besetzt sind. Bei dieser Art des Bohrens, welches hauptsächlich für Tiefbohrungen Verwendung findet, wendet man immer hohle, aus einzelnen Röhrenstücken zusammen geschraubte Gestänge an, in deren oberen Kopf durch das

Fig. 237, 238. Fig. 242. Fig. 239, 240. Fig. 241.



drehbare Muffenstück Fig. 241. Wasser eingepresst wird, welches, durch Rinnen *i* zwischen den Diamanten austretend, den gebildeten Bohr-Schmand fort spült und in dem Zwischenraume zwischen Bohrloch und Bohrgestänge empor treibt. Bei Anwendung von Hohlbohrern bildet sich ein Kern, welcher von Zeit zu Zeit abbricht und, beim Aufheben des Gestänges an den Ansätzen der Bohrkrone hängen bleibend, zu Tage gefördert wird. Der Druck auf einen 52 mm starken Bohrer beträgt 200—400 kg; die Geschw. des Bohrers 200—300 Umdrehungen p. Min. — In Fig. 242 ist die Einrichtung zur Bewegung des vertikalen Bohrgestänges *a* durch die konischen Räder *b* und *c* von einer Welle *d* aus gezeigt, welche letztere von einer 20 pferd. Lokomobile durch Riemen betrieben wird. Die Belastung des Gestänges wird hierbei durch das Gewicht *g* mittelst der über Rollen *h* geführten Ketten *k* bewirkt*). —

Fig. 243.

Fig. 244.

8. Bohrmaschine von Brandt**), Fig. 243, 244. Dieselbe wirkt ebenfalls mittels eines ringförmigen Hohlbohrers *a* von Stahl, welcher

*) Serlo, Bergbaukunde. Bd. 1.
**) s. Dingler, Polytechn. Journal. Bd. 227.

an seiner Krone mit 5 Zähnen versehen ist. Durch den durch einen Akkumulator vermittelten Druck des Kraftwassers von 50—200 Atm. wird der Bohrer mit so grossem Drucke (ca. 150 kg pro 1 mm Schneidenlänge) gegen das Gestein gepresst, dass letzteres dadurch zermalmt und, vermöge der langsamen Drehung des Bohrers von 5—6 Umdrehungen p. Min., zur Seite geschoben wird*).

Die Bohrstange *b* besteht aus mehreren Stücken von je 30 cm Länge behufs der allmäligen Verlängerung und wird mit dem Zylinder *c*, in welchem sie befestigt ist, langsam durch das Schneckenrad *d* von einer 2-zylindrigen Wasserdruck-Maschine *e* gedreht. Der Zylinder *c* ist auf einem festen Zylinder *f* verschiebbar, und wird durch den Druck des Kraftwassers in dem Raume *h* fortwährend gegen das Bohrloch gedrückt. Durch die hohle Stange *i* tritt hierbei Spülwasser nach der Bohrstelle. Ist der Bohrer um die entsprechende Länge vorgerückt, so wird das Druckwasser aus dem Raume *h* durch *l* entlassen und gleichzeitig durch den Druck des immer den ringförmigen Raum *o* ausfüllenden Druckwassers zurück gezogen, um die Bohrstange durch Einschaltung eines Zwischen-Bohrers zu verlängern. Der Ständer *S* ist ebenfalls ein hydraul. Press-Zylinder, in welchem der Wasserdruck dazu dient, das ganze Bohrgestell zwischen Stollenfirst und Stollensohle fest zu stellen. —

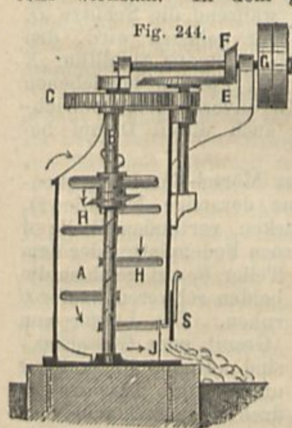
Beim Bau des Sonnenstein-Tunnels, wo man die Brandt'sche Maschine benutzte, betrug die Weite der Bohrlöcher 8 cm, die Anzahl der Umdreh. pr. Min. 6 und der Vorschub 1 cm für jede Umdrehung**).

12. Mörtel-Maschinen***).

Die meist gebräuchlichen Mörtelmaschinen sind (ausser den im Kap. „Wasserbau" angegebenen Mischtrommeln und Fallwerken) folgende:

1. **Der Thonschneider**, Fig. 244, ist auch zum Mengen des Mörtels sehr wirksam. In dem gusseisernen Zylinder *A* (bei einfacheren Ausführungen für Göpelbetrieb wendet man auch eine hölzerne Tonne an) ist die vertikale, schmiedeiserne Welle *B* aufgestellt, welcher mittels der Räder *C*, *E* u. s. w. von der Dampfmaschine aus eine Geschw. von 4 bis 6 Umdreh. p. Min. ertheilt wird. Die Welle *B* durchschneidet mit ihren schraubenförmig angeordneten, schräg und mit der Schärfe nach oben gestellten Messern *H* die eingeworfenen Materialien, und werden dieselben durch die Schraubenwirkung der Messer langsam nach der unteren Oeffnung *J* gepresst. Die Regulirung der Austritts-Oeffnungs-Weite mittels des Schiebers *S* gestattet es, den Mörtel mit mehr oder minderer Schnelligkeit durch den Apparat zu führen. — Eine vollkommenere Konstruktion zeigt:

Fig. 244.



2. **Die Mörtel-Maschine**, beim Hafenbau in Cherbourg†) zur Verwendung gekommen, Fig. 245. In dem eisernen Behälter *A* sind 3 Armkreuze *B*

*) Deutsch. Bauztg. 1877.
**) Deutsch. Bauztg. 1877. Dingler, Polytechn. Journal. Bd. 227.
***) Umfassende Mittheilungen über Mörtelmaschinen in Haarmanns Zeitschr. f. Bauhandwerker. Jahrg. 1876, 1877.
†) Allgem. Bauzeitg. 1848.

mit nach oben und unten vorragenden Zinken befestigt, welch erstere in ihren Mitten Führungs-Augen für die stehende Welle *C* enthalten. Letztere, die durch die konischen Räder *D* und *E* von einer Dampfmaschine langsam (mit 7 Umdreh. p. M.) umgedreht wird, trägt 4 andere Armkreuze *F*, deren Zinken zwischen denen der festen Kreuze *B* hindurch schlagen. — Die Leistung dieses Apparats wird zu 8 cbm Mörtel p. Stunde bei Anwendung einer Dampfmaschine von 3½ Pfdkr. angegeben. —

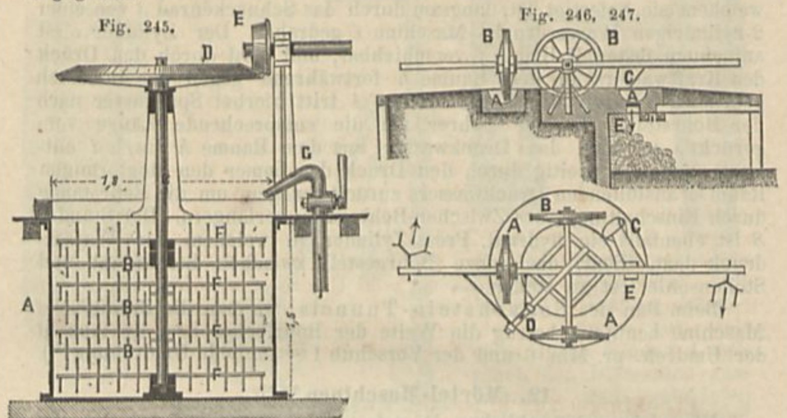
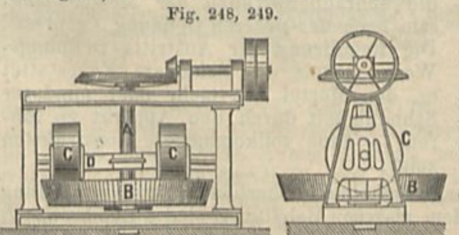


Fig. 245. Fig. 246, 247.

3. Die Göpelmühle, Fig. 246, 247, besteht aus einer kreisförmigen Rinne *A*, in welcher durch den Umgang der Pferde Räder *B* herum geführt werden, welche an den Zugbäumen angebracht sind. Durch eine Scharre *C* wird die Masse stets von den Rändern der Grube abgestrichen und nach deren Mitte befördert, während die Schütze *D*, wenn sie nach Beendigung der Mischung nieder gelassen wird, den Mörtel vor sich herschiebt, bis er durch die geöffnete Abfallthür *E* nach unten ausfällt. Die Leistung dieser von 2 Pferden betriebenen Maschine beträgt täglich 15 bis 20 cbm. — Mit unveränderter Einrichtung der Räder etc. kann dieser Apparat auch durch Dampf betrieben werden. —

4. Rollmühlen oder **Kollergänge** sind zur Mörtel-Bereitung ebenfalls mit Vortheil angewendet worden. Eine derartige Maschine*), Fig. 248, 249, besteht aus einer auf der starken, vertikalen Welle *A* befestigten, mit letzterer drehbaren gusseisernen Bodenplatte oder dem Teller *B*, auf welchem die beiden schweren Läufer *C* ruhen. Die Läufer von Granit oder Gusseisen, sind auf eine die Welle *A* umfassende Traverse *D* drehbar aufgesteckt, so dass sie sich wohl um die eigene Achse, nicht aber mit der Königswelle *A* umdrehen können. Hierin liegt der einzige Unterschied zwischen diesen Mörtel-Maschinen und den zum Zerkleinern dienenden Kollergängen, bei welch letzteren i. d. R. die Läufersteine mit der Königswelle auf der fest gelagerten

Fig. 248, 249.



**) Polyt. Centralbl. 1861.

Bodenplatte herum geschleppt werden. — Vermöge der oben beschriebenen Anordnung kann man der stehenden Welle *A*, mit dem Teller *B*, eine grössere Geschw. (20 bis 30 Umdreh. p. M.) ertheilen; während z. B. bei Trassmühlen, wegen des grossen Moments der schweren, mit herum geschwenkten Läufer, die Geschwindigkeit 10 Umdreh. nicht übersteigt. Der Traverse *D*, sammt den darauf steckenden Läufern *C*, ist natürlich die Fähigkeit zu geben, sich ein wenig, entsprechend der Dicke der Mörtelschicht, heben und senken zu können, Scharrwerke zum selbständigen Unterführen der Masse unter die Läufer *C* sind hier in ähnlicher Art angebracht, wie bei den Kollergängen überhaupt. — Die Wirkung der Läufer ist bei dieser Maschine nicht sowohl auf das Zerquetschen der Masse, als vielmehr darauf berechnet, dass die Läufer *C* bei der Drehung um ihre Achse eine Umfangs-Geschw. annehmen, welche nur in einem Punkte mit der Geschw. des unter ihnen rotirenden Tellers überein stimmt, in allen anderen Punkten aber nach innen zu grösser, nach aussen hin kleiner ist. Hierauf beruht wesentlich die mengende Wirkung und ist dieselbe daher offenbar um so grösser, je breiter die Läufer *C* und je kleiner der Halbmesser des Tellers *B* ist. — Als Leistung dieser Maschine, zu deren Betrieb bei 20 Umdreh. eine 6pferd. Dampfmaschine dient, wird angegeben, dass nach 60 Umdreh., also in 3 Min., eine Beschickung Mörtel von nahezu $\frac{1}{4}$ cbm vollständig gemischt wurde. Das Auswerfen geschieht durch einen Arbeiter mittels einer Schaufel während der ununterbrochenen Bewegung der Maschine. —

13. Einige Maschinen für Zwecke des Strassenbaues.

I. Maschinen zur Prüfung von Steinen. Nach der besonderen Art und Weise, in welcher das Steinmaterial in Strassen abgenutzt wird*) sind Versuche über die Druckfestigkeit bei Strassenbau-Material von nur bedingtem Werth. Da die betr. Maschinen auch, sofern man grosse Genauigkeit der Angaben verlangt, von komplizirtem Bau und entsprechend kostspielig in der Beschaffung sind, so können dieselben hier unberücksichtigt gelassen werden.

Eine einzige kleinere Maschine anderweiter Art, welche einfach gebaut ist und vermöge ihrer Wirkungsweise Resultate liefert, die besser als Druckfestigkeits-Zahlen geeignet sind, ein Urtheil über die Güte des Materials gewinnen zu lassen, mag hier besprochen werden.

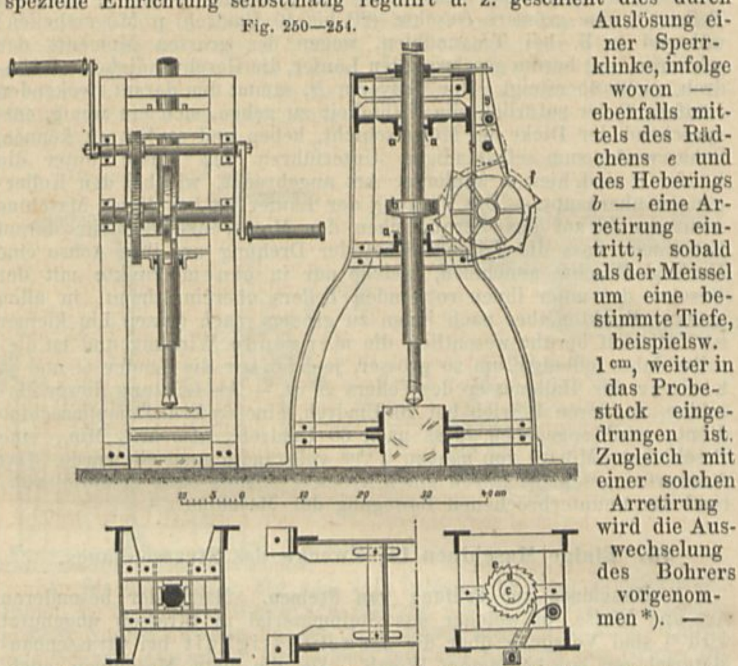
Die Maschine von Siebeneicher, Fig. 250—254, welche eine reine Bohrmaschine mit einigen Einrichtungen ist, welche die Vergleichbarkeit der erlangten Resultate sichern, macht diese Resultate in der Anzahl von Schlägen erkennbar, welche zu einer bestimmten Eindringungs-Tiefe, bei möglichst konstanter Beschaffenheit des Bohrers und konstanter Fallhöhe desselben, erforderlich sind. Die durch Kurbel betriebene Bohrwelle von 7 cm Durchm. und 1,2 m Länge wird in einem Gestell an 2 Stellen *aa* zwischen Rollen geführt; die Welle trägt verschiebbar den Hebering *b*, welcher durch Stellschrauben an bestimmter Stelle fest gesetzt wird. Das obere Wellen-Ende besitzt eine Nuth, in welche sich die entsprechende Feder eines Rädchens *e* legt, das, in Verbindung mit einem von der Daumen-Welle *f* bewegten Hebel *g* und einer Sperrklinke, eine kleine Drehung des Bohrers — der ein flacher Kreuzbohrer von 25 mm Stärke ist — nach jedem Schlage bewirkt; jeder einzelne Schlag wird durch einen am Gestell angebrachten Hubzähler registrirt. Die Hubhöhe der Bohr-

---

*) Vergl. hierzu u. a. Bd. III, S. 173 ff.

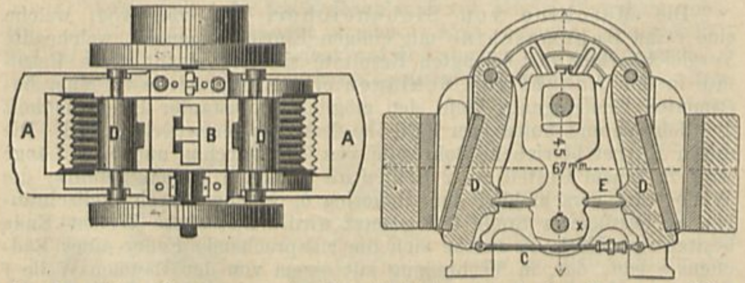
spindel — welche bei allen Versuchen dieselbe ist — wird durch eine spezielle Einrichtung selbstthätig regulirt u. z. geschieht dies durch Auslösung einer Sperrklinke, infolge wovon — ebenfalls mittels des Rädchens *e* und des Heberings *b* — eine Arretirung eintritt, sobald als der Meissel um eine bestimmte Tiefe, beispielsw. 1 cm, weiter in das Probestück eingedrungen ist. Zugleich mit einer solchen Arretirung wird die Auswechselung des Bohrers vorgenommen*). —

Fig. 250—251.



2. **Quetschwerke zur Herstellung von Steinschlag****). Hierbei hat das System Blake vorwiegend Geltung sich verschafft. Die Maschinen dieses Systems haben eine durch Riemen betriebene Welle, auf welcher 2 schwere Schwungräder stecken und welche, je nach der Gesteinshärte, 100—200 Touren p. Min. macht. — Gleichfalls sitzt auf dieser Welle ein Exzenter, das zum Heben und Senken einer Stange dient,

Fig. 255, 256.



durch welche Bewegung entweder ein (oder wie in der Doppel-Maschine Fig. 255, 256) zwei Brechbacken *D* in schwingende Bewegung gesetzt werden, derartig, dass dieselben zwei in einem kastenförmigen Gestell *A* fest gelagerten Backen sich nähern, bezw. von jenen

*) Deutsch. Bauzeitg. 1876, 1877, 1878.
**) Deutsch. Bauzeitg. 1879.

sich entfernen; hierdurch wird die Zerdrückung des eingeführten Materials, bezw. das Herausfallen desselben aus dem sogen. Brechmaul bewirkt. Die Backen sind mit Riffelung versehen und bestehen aus Hartguss oder Stahl; die Korngrösse des Materials richtet sich theils nach der besonderen Beschaffenheit der Riffelung, theils auch nach der Maulweite, welche die Brechbacken lassen; diese Weite ist durch Keil, oder (wie in der Figur) durch eine auf Verlängerung oder Verkürzung eingerichtete Stange *C* regulirbar; für Strassenbau-Material schwankt die Weite etwa zwischen 3 und 4^{cm}. Die Betriebskraft der Maschinen wird zu 4 bis 8 Pfdkr. gewählt und werden pro Pfdkr. und Stunde, je nach Struktur und Härte des Gesteins, von 0,25 bis 1^{cbm} Material zerbrochen (die geringste Menge etwa bei Basalt und Granit, die grösste bei Sandstein und Kalkstein). — Für Decklagen ist nur ein relativ geringer Theil des zerbrochenen Materials (der bis 10 % der Gesammtmenge herab gehen kann) unmittelbar verwendbar; der übrige Theil bedarf, sofern nicht eine Verwendung zu Packlagen oder im Unterbau stattfindet, des Nachschlagens mit Hand. Um die Kosten dieser Handarbeit zu vermindern, empfiehlt es sich mit der Maschine eine rotirende, geneigt zu lagernde Trommel unmittelbar zu verbinden, die aus einem Eisen-Zylinder mit durchlochter Wandung besteht; die Lochweite nimmt vom obern bis zum untern Zylinder-Ende hin in 3 bis 4 Abstufungen zu. — Dadurch, dass bei manchen Gesteinen grosse Mengen splitterig geformter Stücke erfolgen, ist die Maschinen-Arbeit erheblich im Nachtheil gegen Handarbeit, welche im allgem. Material von mehr normaler Form ergiebt. —

3. **Strassenwalzen***). Diese Maschinen werden entweder durch Pferdezug oder mit Dampf betrieben. Der Dampfbetrieb ist durchgehends sowohl in Bezug auf Kosten, als in Bezug auf Zeit, der vortheilhaftere. Derselbe ist indess nicht überall durchführbar, theils weil sicherheitspolizeiliche Rücksichten im Wege stehen; theils weil die Beschaffenheit vieler Brücken dem Transporte der schweren Dampfwalzen ein Hinderniss entgegen setzt, endlich auch weil für Gestein von geringer Festigkeit die Dampfwalze eine zu grosse Schwere besitzt. — Günstig für die Walzarbeit ist es, das Gewicht der Walze während des Verlaufs der Arbeit zu steigern; diese Möglichkeit ist bis jetzt nur bei den Walzen für Pferdezug erfüllbar. Stehen denselben hierin die Dampfwalzen nach, so sind letztere wiederum in besonderem Vortheil durch die Leichtigkeit, womit Wenden und Ausweichen bewirkt werden können, da gerade in der grossen Schwerfälligkeit, welche bei diesen Operationen den Walzen mit Pferdezug eigen ist, insbesondere die Langsamkeit und Kostspieligkeit ihrer Leistung begründet ist. —

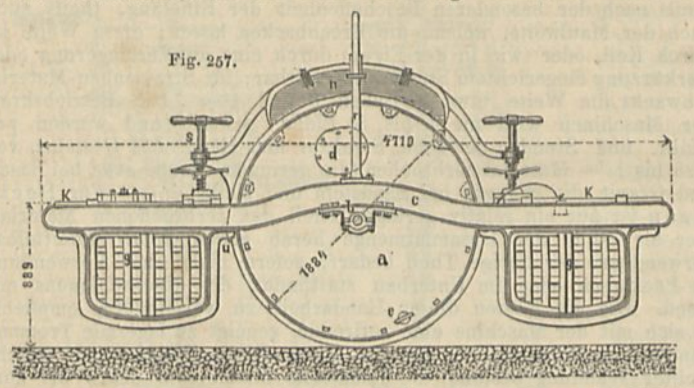
Walzen für Pferdezug wurden früher (und werden in vereinzelten Fällen auch heute noch) als Monolithe hergestellt; später ist die Walze aus Eisen entstanden, welche in unbelastetem Zustande ein Gewicht von 100—120^{z} besitzt (bei 60—80^{z}) Eisengewicht des eigentlichen Walzkörpers. Pro ^{m} der Breite pflegt das Walzen-Gewicht im unbelasteten Zustande der Walze zu 75—100^{z} angenommen zu werden. Durch Füllung sowohl des Hohlraums der Walze mit Steinen oder Wasser, als auch der Belastungs-Kästen, die zu beiden Enden der Walze liegen, lässt jenes Gewicht sich zeitweilig um 80 bis 100^{z} vermehren.

---

*) Zeitschr. f. Bauwesen. 1869, 1873. Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, Bd. 3; dort auch ausführl. Litteratur-Angaben. Deutsch. Bauztg. 1872, 1873, 1874, 1879.

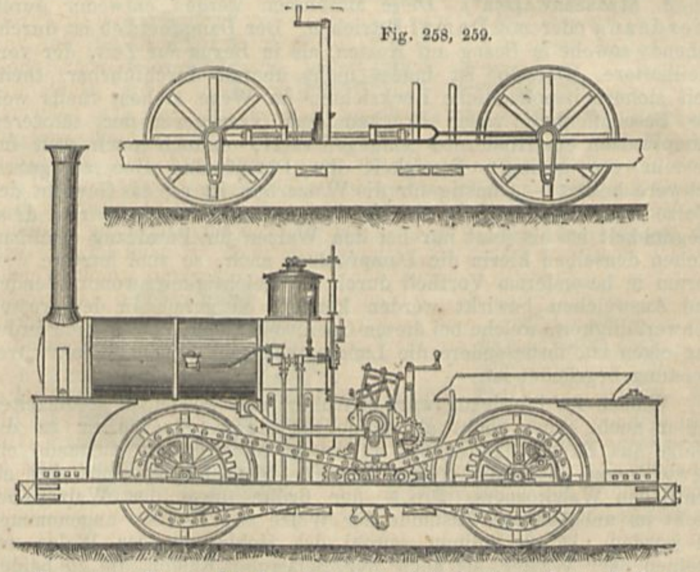
Fig. 257 giebt eine Skizze der beim Strassenbau in der Provinz Hannover eingeführten Walzen. Die Breite und Dicke des Mantels ist bezw. 1,07 m und 73 mm. Die fast durchgängig in Eisen ausgeführte Konstruktion ist für Stein-Belastung der Walze selbst und

Fig. 257.



der beiden Belastungskästen an den Enden eingerichtet; der Walzenmantel ist auf der Achse fest gekeilt. Wesentliche Zubehöre sind eine Klotzbremse, die durch Schrauben *s* angezogen wird und etwa 20—25 cm Breite hat und Streicheisen zum Abstreifen aufgenommenen Schmutzes. —

Fig. 258, 259.



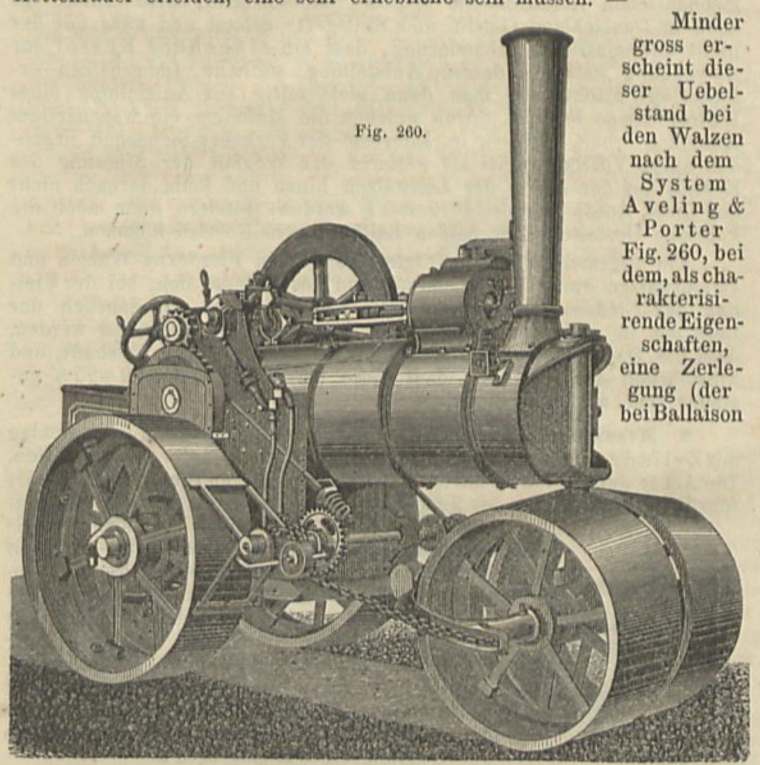
Von den **Dampfwalzen** haben sich insbesondere 2 Systeme Bahn gebrochen:

Das von **Ballaison** (franz. System), Fig. 258 u. 259, dessen Eigenartigkeit darin beruht, dass **2 gleich grosse und ungetheilte** Walzen vorhanden sind, die in einem Frahm angeordnet liegen und die

beide mittels Kettenräder vom Dampfdruck bewegt werden. Der Durchmesser der Walzen ist 1,45—1,50m, ziemlich genau übereinstimmend mit der Breite derselben; das Gewicht der Walze in dienstfähigem Zustande schwankt zwischen 350 und 450 z. Es sind 2 oszillirend angeordnete Dampf-Zylinder vorhanden; das Erforderniss an Betriebsdraft ist 5—10 Pfdkr. — Um Kurven bis zu etwa 15m kleinstem Radius durchfahren zu können, sind (Fig. 259) die beiden Walzenlager an je einem Ende mittels Schraube, konischen Rädern und Kurbeln verstellbar eingerichtet und, um den Wirkungen heftiger Stösse zu begegnen, sind (Fig. 258) die Verbindungen zwischen den Kettenrädern und den Walzen elastisch gemacht. Bei der Beweglichkeit der Lagerungen wird bei dieser Walze die Abnutzung, welche Ketten und Kettenräder erleiden, eine sehr erhebliche sein müssen. —

Minder gross erscheint dieser Uebelstand bei den Walzen nach dem System Aveling & Porter Fig. 260, bei dem, als charakterisirende Eigenschaften, eine Zerlegung (der bei Ballaison

Fig. 260.



vorhandenen) 2 Walzen in vier und eine grössere Beweglichkeit der ganzen Anordnung hervor tritt, welche dadurch erzielt wird, dass der umschliessende Frahm fehlt und dass nur eins der beiden Walzenpaare direkt durch die Maschine betrieben wird. Der Betrieb erfolgt durch Zahnräder mit doppeltem Vorgelege; die Lenkbarkeit der Walze wird durch Wendeschemel, Schneckenrad und Kette hergestellt. Um den Langkessel stützen zu können, haben die beiden Vorderwalzen (Leitwalzen) die eigenthümliche Einrichtung, dass dieselben konisch gestaltet sind und auf einer nach beiden Enden abfallenden Achse stecken. Dieser Abfall und die Konizität der Walzen sind nun so bestimmt,

dass der (nach oben hin) klaffende Spalt zwischen beiden unten sich schliesst und dass ferner die Linien, in welchen die beiden Walzen die Strassenfläche berühren, in eine einzige Gerade fallen; die Breite jeder Leitwalze ist etwa 0,5ᵐ. Die beiden Hinterwalzen haben, bei erheblich grösserem Durchmesser als die Vorderwalzen, die geringere Breite von nur etwa 0,35ᵐ und sind, behufs Auflagerung des Kessels, nahezu um die Gesammtbreite der beiden Vorderwalzen auseinander gerückt. Es wird bei dem beschriebenen Arrangement erzielt, dass der überrollte Breitenstreif der Strasse (etwa 1,6ᵐ) frei von Rändern in der Fläche bleibt. — Das Gewicht der Walze schwankt bei verschiedenen Grössen der Ausführung von etwa 350 bis 500 Z.

Diese Walze, ersichtlich von grösserer Vollkommenheit des mechanischen Arrangements als die Ballaison'sche, wird neuerdings auch in Deutschland (Berlin und Stuttgart) gebaut und zwar mit der nicht unwesentlichen Abänderung, dass ein stehender Kessel zur Anwendung gelangt, dessen Aufstellung seitliche Längsbalken erforderlich macht, die man dann gleichzeitig zur Aufstellung eines Ueberbaues benutzt, durch welchen die Maschine ein wagenartiges Aussehen erhält. Diesen im Interesse der Verkehrs-Sicherheit liegenden einen Vortheil, tritt als weiterer der Wegfall der Stützung des Kessels auf der Achse der Leitwalzen hinzu und kann darnach nicht nur diese Achse gerade hergestellt werden, sondern kann auch die konische Gestaltung der beiden Leitwalzen in Fortfall kommen. —

Ein allgemein gültiger Vergleich zwischen Pferdezug-Walzen und Dampfwalzen hinsichtlich Leistung und Kosten lässt sich, bei der Vielheit der Einfluss übenden Faktoren, nicht ziehen. Hinsichtlich der Leistung in gleichem Zeitraume kann aber angenommen werden, dass die Dampfwalze das 1½—2½ der Pferdezug-Walze beschafft, und hinsichtlich der Kosten, dass diese bei ersterer um 10—25 % geringer sind, als bei lezterer. —

4. Strassenkehr-Maschinen. Unter mehren Systemen ist dasjenige mit Zylinder-Bürste neuerdings durchaus in den Vordergrund getreten. Die Achse der aus einem harten Faserstoff gebildeten Bürste ist (Fig. 261) schräg gegen die Achse des 2räderigen Fuhrwerks gelagert und empfängt von dieser ihre Bewegung entweder mittels konischer Räder oder — eben so oft — mittels Kettenräder. Für Zeiten des blossen Transports kann durch Hebel mit Belastung die Bürsten-Achse so weit angehoben werden, dass die Strassenfläche unberührt bleibt. Diese (1pferd. bespannten) Maschinen haben neuerdings eine grosse Verbreitung erlangt; ihre Leistung beträgt 30000—40000 qm Strassenfläche pro Arbeitstag — Reinigung — etwa das 10fache der Leistung eines Handarbeiters.

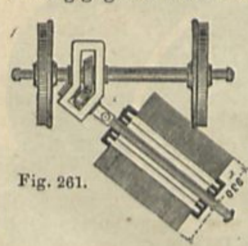


Fig. 261.

Die Maschinen dieser Art schieben den Kehricht lediglich seitwärts und ist derselbe demnächst in besonderen Wagen zu sammeln und abzuführen; man hat nun Maschinen versucht, die neben dem Seitwärtsschieben des Kehrichts auch die Aufgabe erfüllen, denselben in einen an der Maschine angebrachten Sammler zu fördern; derlei Maschinen haben indess, so viel bekannt, eine nennenswerthe Verbreitung nicht gefunden. —

Maschinen zum Abschlämmen von Strassen ähneln den Kehrmaschinen insoweit, als bei ihnen hinter der Fahr-Achse, ebenfalls in divergirenden Lage, eine Achse angeordnet ist, welche indess

fest ist und, dicht neben einander liegend, eine grosse Anzahl schmaler Kratzen trägt, die nach oben hin über die Achse hinaus verlängert sind und in solcher Weise Hebel bilden. Gegen die Gesammtheit der Hebel legt sich eine mit Belastungs-Gewicht versehene Schiene, durch deren Anhub oder Senkung die Kratzen mehr oder weniger fest gegen die Strassenfläche angedrückt, bezw. von derselben abgehoben werden. — Diese (mit 2 Pferden zu bespannenden) Maschinen reinigen pro Tag 8000 bis 10000 ^{qm} makadamisirte Strasse, etwa das 12fache der Leistung eines Handarbeiters. —

5. **Maschinen zur Strassen-Besprengung.** Meist dienen dabei eiserne Tonnen von 1000—1500 ^{l} Fassung, die auf 2räderigen Wagen gelagert werden. Quer hinter der Tonne liegt ein an den Enden umgebogenes Rohr von 5—6 ^{cm} Weite mit ein paar Reihen Durchlochungen etwas unterhalb einer durch den Durchmesser gelegten Horizontal-Ebene; die Länge des Rohrs pflegt so bemessen zu werden, dass eine Spreng-Breite von reichlich 3 ^{m} entsteht. Bei Strassen mit geringer Steigung und von guter Beschaffenheit der Oberfläche genügt zur Wagen-Bespannung ein Pferd und durch einen Wagen können, wenn die Entnahmestellen des Wassers im Spreng-Revier selbst liegen, etwa 30 bis 40 ^{cbm} Wasser pro Tag auf 30000 bis 40000 ^{qm} Strassenfläche versprengt werden, welches Quantum genügt, wenn diese etwa zu gleichen Theilen mit Macadamisirung (oder Asphalt) und Steinpflasterung befestigt ist.

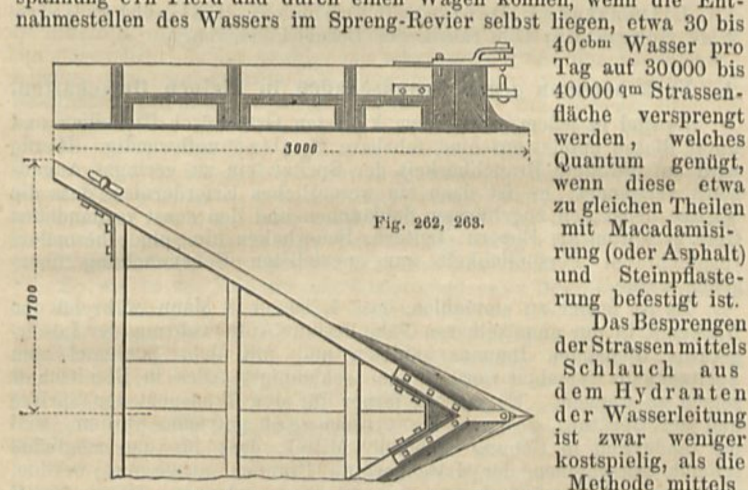


Fig. 262, 263.

Das Besprengen der Strassen mittels Schlauch aus dem Hydranten der Wasserleitung ist zwar weniger kostspielig, als die Methode mittels Sprengwagen, erfordert aber andererseits auch beträchtlich grössere Wassermengen, so dass ein ökonomischer Vortheil dabei im allgem. sich nicht ergiebt. —

6. **Maschinen zum Schneeräumen.** Es kommen dazu theils Maschinen zur Anwendung, die durchaus ähnlich den unter 4. besprochenen Kehr-Maschinen — mit Zylinder-Bürste — gebaut sind, oder — häufiger — die sogen. Schnee-Pflüge, wie ein solcher beispielsw. in Fig. 262, 263 dargestellt ist. Je nach der Höhe des Schneefalls ist der Pflug mit 2 oder mehr Zugthieren zu bespannen. Den eben erwähnten Kehr-Apparaten gegenüber sind die Schneepflüge dadurch im Vortheil, dass sie die fort geräumten Massen zu gleichen Theilen nach beiden Seiten der Strasse hinschieben, während jene ihn nach einer Seite fördern und deshalb ein Mehr an Zugkraft beanspruchen. —

H.

FEUERLÖSCH-WESEN UND SICHERHEITS-MITTEL BEI UND GEGEN FEUER-AUSBRUCH.

I. Allgemeines über das Löschwesen und Einrichtung der Feuerwehren.

Bearbeitet von Kramer, Königl. Brandmeister zu Berlin.

Litteratur: 1. Deutsche Feuerwehr-Bibliothek-Hefte. 2. R. Schumann, Die Taktik der Berufs-Feuerwehr.

A. Vorkehrungen gegen Brandschaden in kleinen Ortschaften.

Es sind in jedem, selbst dem kleinsten Orte Lösch-Utensilien und unter diesen mindestens eine fahrbare Spritze nothwendig. Häufig wird auf die stete Brauchbarkeit der Spritze ein zu geringes Augenmerk verwendet; es ist dazu ein wesentliches Erforderniss, dass die Spritze nebst den zugehörigen Schläuchen und den sonst vorhandenen Geräthschaften als Eimern, Leitern, Feuerhaken etc., einer besonders verpflichteten Persönlichkeit zur speziellsten Ueberwachung übergeben werde.

Es ist ferner zu empfehlen, dass 1, besser 2 Mann während der Nachtzeit in der unmittelbaren Nähe des zur Aufbewahrung der Löschgeräthe dienenden Raumes schlafen und mit dem Schlüssel zum Spritzenhaus versehen werden, um schleunigst Alles in Bereitschaft setzen zu können. Es müssen ferner für den Transport der Spritze und der Geräthe, genaue Bestimmungen getroffen werden, weil das (anderweit in Uebung stehende) Mittel, dass für das möglichst schnelle Erscheinen der Löschgeräthe Prämien ausgesetzt werden, durchaus nicht genügt, da um eine solche zu erlangen, oft ein Streit entsteht, der die Hülfe verzögert. Es sind ferner noch unbedingt Strafen für denjenigen fest zu setzen, welcher die ihm auferlegte Pflicht versäumt.

Eine Aufgabe von grosser Schwierigkeit ist es, beim Löschen selbst die Ordnung unter den Löschenden aufrecht zu erhalten. Es gehört hierzu eine Persönlichkeit, welche, im Besitz des allgemeinen Vertrauens, auch ein grosses hingebendes Interesse für die Sache haben und fortwährend dahin wirken muss, dass ihr Befehl gelte, wo und wann auch immer er ertheilt werde. Zur Unterstützung eines derart qualifizirten Mannes ist es erforderlich, dass ein für alle Mal Bestimmungen getroffen worden, die denselben in den Stand setzen die Befolgung seiner Anordnungen nöthigenfalls zu erzwingen. —

Hauptsache bei ausgebrochenem Feuer ist die möglichst schleunige und reichliche Beschaffung von Wasser, wobei mit Strenge darauf zu halten ist, dass möglichst reines Wasser in die Spritze kommt, um das Pumpwerk derselben nicht zu gefährden. —

B. Vorgehen bei Löschung eines Brandes; Aufräumen der Brandstätte.

Da in der Regel ein nicht im Keime unterdrückter Brand schnell eine bedeutende Ausdehnung erreichen wird, ist es nächste Aufgabe, dieselbe möglichst einzuschränken. Gelingt dies, so ist die Beseitigung der Gemeinfahr erreicht und kann alsdann die Löschung des eigentlichen Brandes weiter vor sich gehen. Häufig wird bei bedeutenden Bränden der Fehler begangen, zuerst den Hauptheerd anzugreifen, und hierbei unnöthig eine Menge Wasser vergeudet. Wenn auch bei einem Brande während der Arbeit der Löschenden Wasser in genügender Menge vorhanden ist, wenn ferner auch die Anzahl Spritzen ausreichend ist und Mannschaften genug zu deren Bedienung gegenwärtig sind, so lehrt doch die Erfahrung, dass beim Beginne der Arbeit stets nur geringe Kräfte wirken können und sich erst nach und nach die Macht des Angriffs entwickeln lässt. Die zunächst zur Stelle befindlichen geringen Kräfte sind gegen die Ausbreitung des Feuers zu richten und man erreicht bei Bränden, die noch im Entstehen begriffen sind, diesen Zweck am einfachsten durch ein schnelles und aus möglichster Nähe unternommenes Angreifen des Hauptheerdes. Es ist hierbei ein besonderer Feind der Löschmannschaften der sich entwickelnde Qualm; diesen zu überwinden sind Resignation und kräftige Lungen erforderlich. — Bei grösseren Bränden ist es ein Gebot der Vorsicht die Spritzen selbst ganz sicher d. h. möglichst fern vom Orte der Gefahr aufzustellen. Bei der Berliner Feuerwehr z. B. ist es Regel, nur ausnahmsweise und unter den allergünstigsten Umständen Spritzen innerhalb eines Grundstücks aufzustellen; der Regel nach wird Stellung auf der Strasse genommen. Es ist dabei auch die Wasser-Beschaffung weniger beschwerlich, und eine Translozirung der Spritzen schneller bewirkbar. —

So wie es am Schlusse zur Beendigung eines Brandes nothwendig ist, die verbrannten Gegenstände, Schutt etc. zu beseitigen, damit Gewissheit geschaffen worden, dass weiterer Stoff zum Wiederausbruch des Feuers fehlt, so ist es sehr oft nothwendig, schon während des Brandes mit dem Aufräumen zu beginnen zu dem Zwecke, um den Brennstoff zu verringern. Ein solcher Fall tritt namentlich bei Bränden grösserer Massen von Heu, Stroh etc., sowie in Tischler-Werkstätten etc. häufig ein. —

Ist ein Gebäude so weit ausgebrannt, dass frei stehende Theile, Wände, Schornsteine etc. den Einsturz befürchten lassen, so liegt es in der Funktion der Feuerwehr, derartige Gefahren zu beseitigen. — Eigenthümliche Verfahren oder eine Regel beim Umlegen einer nicht mehr stabilen Wand oder eines schwankenden Schornsteins zu geben, ist nicht thunlich, sondern es muss Verstand und technischer Ueberblick des Anordnenden für jeden Einzelfall das Richtige zu wählen wissen. —

In häufigen Fällen geben Konstruktionsfehler beim Bau Gelegenheit zu Bränden. Balken und Wechsel werden oft nicht nur dicht an, sondern sogar in Schornsteine gelegt. Tritt dann ein Schornstein-Brand ein (wie es namentlich bei russischen Rohren öfter vorkommt), so werden, zuweilen rechtzeitig, zuweilen auch erst später, Balken-Brände entdeckt. — Fehlerhafte Anlage der Kachelöfen, noch häufiger der Kochmaschinen giebt ebenfalls Veranlassung zu Fussboden- und Balkenbränden. Die Fundamente dieser Bautheile liegen auf den Dielen, wenn auch mitunter mit einer sogen. Luft-Zwischenschicht und das tägliche Anheizen führt auf die Dauer dem Holz die Hitze zu, wonach dasselbe zu schweelen beginnt, bis endlich, oft erst nach

geraumer Zeit, Rauch sich bemerkbar macht. — Thatsache ist, dass die Luftschichten, wie sie bei den Kachelöfen meist angelegt zu werden pflegen, für viel benutzte Oefen ungenügend sind. Solche Oefen sollten mit der ganzen Unterfläche frei gestellt werden und Kochmaschinen auf Wölbung bezw. im Souterrain auf Untermauerung stehen. — Auch eiserne Ofenröhren werden häufig so nahe an Holztheilen vorbei geführt, dass schon mancher Brand dadurch entstanden ist, der unter dem Wandputz lange unentdeckt blieb und dann plötzlich die verderblichsten Folgen hatte.

Die am meisten vorkommenden Ursachen zu Bränden sind Fahrlässigkeiten und Unvorsichtigkeiten aller Art, wie z. B. die folgenden: Kellerbrände. Sie entstehen, wenn Brennmaterial unmittelbar an den Schornstein-Reinigungsthüren aufgehäuft wird, da beim Fegen des Rohrs der Russ liegen bleibt; es wird alsdann die Thür glühend und setzt die daran liegenden Gegenstände in Brand. — In Lagerkellern wird beim Abziehen von Spiritus, Petroleum, Benzin u. dergl. bisweilen mit offenem Licht hantiert; die dabei von den genannten Flüssigkeiten entweichenden Gase kommen mit der offenen Flamme in Berührung, wobei eine Explosion entsteht, auf welche natürlich ein Brand folgt. — Eiserne Oefen werden oft unmittelbar neben Brettwände gestellt, und in Tischler-Werkstätten finden sich die Hängegerüste mit ihren Holz-Vorräthen oft dicht über dem stark geheizten Trockenofen. In Holzwerkstätten sollte das Rauchen der Arbeiter bei grosser Strafe verboten sein. — Hobelspähne sind ein ausserordentlich gefährliches Material. — Als ungefährlich in gewisser Hinsicht gelten die jetzt allgemein im Gebrauch befindlichen schwedischen Zündhölzer; indessen sind dieselben zu fahrlässigen Brandstiftungen dadurch ganz besonders geeignet, dass sie oft noch minutenlang, nachdem sie nach dem Gebrauch fort geworfen sind, weiter glimmen. — Dass Heu, Stroh, Werg etc. nie in der Nähe von Schornsteinen lagern sollten, ist eine selbstverständliche Forderung. —

C. Vorkehrungen gegen Feuersgefahr in Theatern, Magazinen, Fabriken etc.

Ein Umstand, welcher allen genannten Gebäuden gemeinsam ist und der beim Ausbruch eines Brandes leicht verderblich wird, ist der, dass die Räume an sich sehr gross sind und dem Feuer, wenn dasselbe nicht sofort im Entstehen gedämpft wird, einen bedeutenden Spielraum gewähren. — Es ist in derartigen Anlagen daher eine unausgesetzte Wachsamkeit als erstes Erforderniss zu betrachten. — Dass ferner eine mit starkem Druck versehene Wasserleitung vorhanden sein muss, ist ein längst anerkanntes Bedürfniss. — Bei Theatern soll nicht nur das Haus mit seinem gesammten Inventar, sondern ev. auch das Publikum sicher gestellt werden. Dazu sind möglichst viele, bequeme Zugänge, Treppen, weite Korridore etc. nothwendig, um event. die schnellste Räumung des Hauses zu ermöglichen. Während der Vorstellung dürften verschlossene Thüren nicht zu dulden sein, da, wenn auch hinreichendes Personal zum Oeffnen der Thüren vorhanden ist, doch die in Fällen der Gefahr stets eintretende Kopflosigkeit Hinderungen herbei führen wird. — Hähne der Wasserleitung müssen auf der Bühne und auf den Schnürböden angebracht, während der Vorstellung muss ein dazu passender Schlauch angeschraubt sein, damit vorkommenden Falls die Leitung sofort in Thätigkeit treten kann. Es ist ferner nothwendig, dass in unmittelbarer Nähe des Hahns ein Mann stationirt ist, da nur sofortige Hülfe hier einem Unglück vorzubeugen vermag. — Auf vorsichtige Anbringung

der Beleuchtungs-Apparate ist Gewicht zu legen und ebenso sind die in den Garderoben-Räumen, Malerböden etc. nothwendigen Heiz-Vorrichtungen mit Sorgfalt zu behandeln und zu kontroliren. — Für grosse Fabrik-Etablissements etc. ist anzurathen, dass die Räume durch massive Brandmauern (welche der Kommunikation wegen mit eisernen Schiebethüren zu versehen sind) und gewölbte Treppenhäuser etc. getheilt werden. Hier dürften die Wasserhähne nebst den nöthigen Schläuchen etwaige Feuermelde-Apparate und Schutz-Einrichtungen am besten auf den Treppenfluren anzubringen sein. —

D. Berufs-Feuerwehren.

An die Stelle der früher bestandenen „freiwilligen Feuerwehren" sind in grossen Städten neuerdings durchgängig Berufs-Feuerwehren getreten. Nur so war es möglich, Einrichtungen zu treffen, durch welche bei jedem ausgebrochenen Brande, sowohl bei Tag als bei Nacht, sichere Hülfe möglichst schnell zur Hand war. — Ein Institut unter den Berufs-Feuerwehren, welches hierin vor allem als eine Musteranstalt genannt werden darf, ist die Berliner Feuerwehr, deren Einrichtungen hier in kurzem beschrieben werden sollen.

Die Berliner Feuerwehr hat eine militairische Organisation und besteht demgemäss aus gedienten Soldaten. Für die Vorgesetzten ist es Bedingung, dass sie Offiziere gewesen sind; von sämmtlichen Mitgliedern des Korps wird auch verlangt, dass sie Bautechniker sind, u. z. müssen die Mannschaften irgend ein Bauhandwerk erlernt, die Offiziere das Baufach studirt haben. Indessen können auch frühere Artillerie- resp. Genie-Offiziere angestellt werden.

Das Stadt-Gebiet ist in 4 sogen. Inspektionen (Kompagnien) getheilt, in deren jeder ein Zentralpunkt (Haupt-Depot) sich befindet, auf welchem 1 Offizier, eine Anzahl Mannschaften und die erforderlichen Spritzen und sonstigen Geräthe konzentrirt sind. Es sind ausserdem in den, dem Mittelpunkte ferner liegenden Stadttheilen noch für jede Inspektion (resp. Kompagnie) 2 Neben-Depots mit geringerer Besatzung projektirt und existiren von diesen 8 projektirten Neben-Depots gegenwärtig (Mitte 1879) bereits 3.

Jede Thätigkeit der B. F. basirt hauptsächlich auf dem Prinzip der grössten erreichbaren Schnelligkeit:

1. Um so schnell als möglich Kenntniss von einem ausgebrochenen Brande zu erhalten, ist den Einwohnern durch ein ausgedehntes Telegraphen-Netz Gelegenheit geboten, die Mittheilungen auf telegraphischem Wege zu machen.

2. Um so schnell als möglich auf der Brandstelle erscheinen zu können, stehen Tag und Nacht angeschirrte Pferde bereit, um die Mannschaften, Spritzen und sonstigen Geräthe zu befördern.

3. Das möglichst schnelle Angreifen eines Brandes, d. h. die schnelle und richtige Anwendung von Mitteln an der rechten Stelle des Feuers wird durch die vorhandene militärische Disziplin, stete Uebungen und durch die bautechnische Qualifikation der Mitglieder des Korps erreicht.

Das Löschwerk wird gemäss bestimmter Vorschriften unter dem Ober-Kommando des Chefs und dem speziellen Kommando des betr. Inspektions-Offiziers ausgeführt. Dasselbe theilt sich in 2 wesentliche Theile, nämlich in:

a) das eigentliche Löschen der ersichtlich brennenden Gegenstände und:

b) die Beseitigung desjenigen Materials, welches möglicher Weise den erneuten Ausbruch eines Feuers an derselben Stelle bewirken könnte. —

Jedes Feuer wird möglichst direkt an seinem Heerde angegriffen; bei Bränden, die bereits umfassende Dimensionen gewonnen haben, werden zunächst Maassregeln gegen ein weiteres Umsichgreifen getroffen. Andererseits ist es ebenfalls Prinzip, bei Gebäude-Bränden die nicht vom Brande berührten Theile und die darin befindlichen Gegenstände möglichst vor dem Schaden, der durch die Anwendung der Löschmittel entstehen könnte, zu schützen. —

Ein ferneres Prinzip ist, dass bei den Operationen nur die konstruktiv einfachsten Geräthe zur Benutzung kommen, deren Handhabung Schwierigkeiten nicht verursacht und auch möglichst Zeit sparend ist.

Die Löschgeräthschaften und Hülfs-Apparate, deren sich die B. F. bei ihren Aktionen bedient, sind folgende:

1. Die Dampfspritze. Gegenwärtig (Mitte 1879) sind 2 dergleichen vorhanden, es liegt jedoch in der Absicht, noch weitere 2 zu beschaffen. — Dieselben saugen entweder direkt aus dem freien Wasser, oder aus hierzu geeigneten Brunnen, oder aber aus einem Drillich-Bassin, welches aus den Hydranten der Wasserleitung gefüllt wird. — Die Spritze ist so konstruirt, dass mittels eines Druck-Regulirungs-Ventils das zu fördernden Wasserquantum von einem Minimum von 120^{l} pro Min. bis zu einem Maximum von 1500^{l} gesteigert werden kann. —
2. Die fahrbare (4räder.) Spritze mit eisernem hängenden Wasserkasten. Dieselbe ist so eingerichtet, dass sie sowohl aus dem Kasten als auch, mittels des Saugeschlauchs, direkt aus dem Fluss, oder aus Brunnen etc., saugen kann. Das Werk hat 2 Stiefel, Windkessel und Absperrhahn. Mit einer Bedienung durch 12 Mann fördert dasselbe in der Minute ca. 200^{l} Wasser. Der Wagen ist, wie sämmtliche Wagen der B. F., mit Federn gebaut und hat eine Vorrichtung, die während des Pumpens die Federn ausser Wirksamkeit setzt. —
3. Die kleine Handspritze (eine tragbare Gartenspritze) mit Saugeund Druckschlauch. Dieselbe ist von 1 Mann zu hantieren und wird bei unbedeutenden Balken-Bränden etc. angewandt. Sie besteht aus 2 konzentrischen Zylindern, in deren innerem sich der Kolben bewegt, während der Zwischenraum zwischen beiden die Stelle des Windkessels vertritt. Damit sie während des Pumpens fest steht, ist am Fusse der Zylinder ein eiserner Steigbügel angebracht, in welchen der Arbeiter tritt, sie so am Fussboden fest haltend. —
4. Die 2holmige Hakenleiter mit geradem eisernen Haken zum Einhängen in Fenster bezw. sonstige Oeffnungen. —
5. Genietete Lederschläuche und gummirte Hanfschläuche. Erstere lassen in Hinsicht der Haltbarkeit nichts zu wünschen übrig; doch sind gute gummirte Hanfschläuche vorzuziehen, da dieselben viel billiger sind und ihre Unterhaltung weniger schwierig ist, als die der Lederschläuche. —
6. Wasserwagen — Inhalt 1900^{l} —, stets gefüllt, um bei Ankunft auf der Brandstelle sofort ein genügendes Quantum Wasser zum ersten Angriff zur Hand zu haben. Der Wagen ist so konstruirt, dass das Wasser vermittels eines ca. 3^{m} langen Schlauchs völlig in den Wasserkasten der Spritze auslaufen kann. —
7. Utensilien-Wagen — enthält Handwerkszeug aller Art. —
8. Personen-Wagen — dient zum Transport von Mannschaften und kann unter Umständen bis 30 Mann befördern. —
9. Schlauchwagen — ein kleiner 2rädriger Karren mit Trommel,

worauf in der Regel 45 m Schlauch zur Reserve liegen. Derselbe wird an die grösseren Fahrzeuge angehängt.

10. Räder-Tiene — ein Kübel, der in 2 Rädern hängt, Inhalt ca. 250 l. Wird ebenfalls an die grösseren Fahrzeuge angehängt.
11. Ausrüstung des Feuermanns besteht aus: a) Lederkappe mit grossem Schirm und Nackenleder, b) Ledergurt mit starkem Karabiner-Haken zum Festhalten an der Leiter, c) Doppelhacke (Spitze und Schärfe). —

Zu gedenken ist an dieser Stelle einiger Vorrichtungen künstlicher Art. Zunächst der sogen Rauchkappen, welche das Gesicht und die Athmungs-Organe gegen den Rauch abschliessen und letztere mit einem Glycerin- und Kohlenfilter in Verbindung bringen, welches Mittel eine Zeit lang das Athmen in einem mit Rauch angefüllten Raume ermöglicht. Der theoretische Versuch giebt ein günstiges Resultat; man bedenke aber, dass bei einem solchen gewissermaassen „präparirten" Versuche der mit Rauchkappe ausgestattete Feuermann u. a. genau weiss, wo er sich befindet, während in allen praktischen Fällen ein Feuermann in unbekannte Räume zu dringen hat, in welchen sich natürlich auch allerlei Hindernisse befinden, dass der Mann in einem solchen fremden Raume arbeiten, sich bewegen und das Feuer aufsuchen muss und dass eben hierbei der Apparat plötzlich an die Grenze seiner Leistung gelangen kann. Findet dies wirklich statt, so wird der Mann der Regel nach verloren sein.

Wenn bei irgend einer Thätigkeit, so ist es gerade beim Feuerlöschwesen geboten, sogen. künstliche Hülfsmittel zu vermeiden und nur mit möglichst einfachen Mitteln zu wirken. Es giebt Rettungs-Apparate verschiedener Konstruktionen; so theoretisch richtig dieselben auch eingerichtet sind, so hört man doch selten von einem günstigen Erfolg, der damit erzielt ist.

Auch in Betreff des Löschens kann Gleiches gesagt werden. Die sogen. Löschdosen (Kapseln, welche in abgeschlossene Brandstätten geworfen werden und deren Inhalt beim schnellen Verbrennen den vorhandenen Sauerstoff bindet), sowie die Extincteurs (auf dem Rücken tragbare Blechgefässe, aus denen Wasser, mit Kohlensäure gesättigt, ausgespritzt wird) u. a. m. sind sehr ingenieuse Erfindungen und zeigen bei eigens dazu hergerichteten Versuchs-Bränden Erfolg genug; aber der in der Praxis erprobte Feuerwehrmann will von solchen Geräthen nichts wissen, weil er bei ihrer Anwendung einen reellen Nutzen nicht finden konnte.

Bei Bränden in höheren Stockwerken ist häufig wegen Ungangbarkeit der Treppen oder aus anderer Ursachen nur von aussen durch die Fenster zu wirken. Da sehr oft die gewöhnlichen Ansetz-Leitern, deren die Berl. Feuerwehr mehrere auf dem Utensilien-Wagen mit führt, nicht lang genug sind, so werden Hakenleitern zum Einhängen in die Fenster in Anwendung gebracht. Jede Spritze ist mit 2 derselben ausgerüstet, sie haben eine Länge von ca. 5 m, sind zwar schwach im Holz aber aus bestem Kernholz gebaut, so dass sie leicht zu handhaben sind. Der, senkrecht auf die 2. Sprosse stehende, von bestem Eisen gearbeitete Haken ist in seiner Unterfläche gekerbt; wird die Leiter eingehängt, so genügt eine der durch die Kerbung zu erzielenden scharfen Spitzen um die Leiter, welche senkrecht an der Wand hängt, gegen Verschiebung zu sichern. Der auf der Leiter stehende Feuermann hakt sich mit dem starken eisernen Karabiner-Haken, welcher an seinem Leibgurt befestigt ist, an die oberste Leiter-Sprosse ein und kann dann mit beiden Händen frei hantiren.

Diese Art (2 holmige) Leitern hat sich bei dem vielfachen Ge-

brauch in Berlin und andern Städten, welche nach Berliner Muster ihre Feuerwehren eingerichtet haben, sehr gut bewährt. — Es giebt noch mehrere andere Arten von Hakenleitern, namentlich auch einholmige, welche letztere freilich noch viel leichter zu bewegen sind. Ob dieselben gleichen Werth mit den ersteren haben, bleibe hier unentschieden. —

Weniger leicht zu verwenden und deshalb sehr selten in Gebrauch sind die sogen. Schiebeleitern, die hier nur erwähnt werden sollen, weil sie eben existiren. — Die Schiebeleiter und Umklappleiter ist eigentlich eine grössere Ansetzleiter, welche nachdem sie hoch gestellt ist, durch eine 2. Leiter, die mit ihr in unmitttelbarer Verbindung steht, verlängert werden kann. Diese Art Leitern, welche mit besonderen Wagen konstruirt sind, kommen in verschiedenen Grössen vor, finden aber nur in höchst seltenen Fällen Anwendung, da meist beschränkter Raum und die zeitraubende Aufstellungs-Arbeit ihre Benutzung unthunlich macht. Auch die Berliner Feuerwehr besitzt einige solcher Leitern verschiedener Konstruktion. Diese Leitern haben jedoch auf der Brandstelle meist nur in solchen Fällen Dienste, geleistet, wo es sich um den Zweck handelte, eine stehen gebliebene hohe Wand nach Beendigung des Brandes umzuwerfen Erwähnenswerth unter ihnen ist die sogen. Mailänder, von Paolo konstruirte Leiter, welche ca. 20m lang, bezw. hoch ist und aus einzelnen Theilen besteht, die auf dem dazu gehörigen Wagen liegen; die Konstruktion ist einfach und geht das Aufstellen leicht und schnell von Statten.

Als letztes Geräth mag die sogen. Schlauch-Stütze Erwähnung finden, welche dazu dient, Schläuche, die von arbeitenden Spritzen ausgehen, in gewisser Höhe über die Strasse zu führen, damit die Passage nicht gehindert wird. Es sind dies einfache Dreifüsse von ca. 3m Höhe, auf denen sich ein Rollen-Aufsatz befindet.

Alle sonstigen von der Feuerwehr benutzten Geräthe sind so einfacher Natur, dass eine Beschreibung derselben unnöthig ist. —

Als Löschmittel wird stets Wasser die Hauptstelle einnehmen. Obgleich brennende ölige Substanzen, Fette etc. am besten durch Ersticken zu löschen sind, also z. B. durch Bedecken mit Sand, bezw. Erde, so ist doch selbst bei einem Brande dieser Art das Wasser i. d. R. nicht zu entbehren, weil es selten vorkommen dürfte, dass dabei Holzwerk oder andere Materialien fehlen, deren Löschung durch Wasser wesentlich dazu beiträgt, den Brennstoff zu verringern. — Bei nicht bedeutenden Bränden, deren Hauptstoff Petroleum etc. bildet, hat die Erfahrung sogar gezeigt, dass durch den geschickt geführten Strahl auch die Löschung derartiger Stoffe an sich möglich ist. — Brandfälle aber, in denen Wasser keinesfalls angewendet werden darf, sind die Schornstein-Brände, namentlich die Brände russischer Rohre, denn durch die schnelle Zersetzung des Wassers und die Expansion der Gase erfolgt leicht ein Platzen des Rohrs. Auch das Mittel, einen Schornstein-Brand durch Verstopfen der Oeffnungen zu ersticken, ist nicht gerade gerathen; lieber lasse man das Rohr völlig ausbrennen. —

Die Methode, einen Brand durch Luft-Entziehung zu ersticken, die mitunter bei Bränden in gewölbten Kellern angewendet werden könnte, ist überhaupt eine mindestens langwierige und beschwerliche. Verschiedene Fälle, bei denen die Berl. Feuerwehr derartige Experimente gemacht hat (auch mehrere mit Anwendung der Bucher'schen Löschdosen), fielen durchweg unbefriedigend aus, und da es immer nothwendig ist, auf einer Brandstelle nicht unnütz Zeit zu vergeuden,

auch wo irgend möglich den Grund der Entstehung eines Brandes zu ermitteln, so ist es am besten, durch direkten schnellen Angriff mit der Spritze eine schleunige Löschung herbei zu führen, um für event. andere eintretende Fälle gleich wieder gerüstet zu sein. Denn wenn irgend wo, so ist es bei der Thätigkeit der Feuerwehr dringend geboten zu sorgen, dass keine Minute verloren werde oder ungenützt vorüber gehe. —

II. Elektrische Feuersignal-Telegraphen.

Bearbeitet von Dr. Goldschmidt (in Firma Keiser & Schmidt zu Berlin).

Litteratur: Schellen, elektromagn. Telegraph; Zabel, elektr. Feuerwehr-Telegraph.

Feuersignal-Telegraphen haben den Zweck, die Meldung von dem Ausbruch eines Feuers von verschiedenen Punkten der Stadt nach einem oder mehreren bestimmten Orten zu machen. Mit der speziellen Organisation der Feuerwehr haben sie zwar nichts zu schaffen, doch setzt ihre Anwendbarkeit zum mindesten die Einrichtung einer permanenten Brandwache voraus. Die Anlage wird sich stets nach den lokalen Verhältnissen zu richten haben; sie ist etwas anderes für Städte, die über Berufs-Feuerwehren verfügen, als für kleinere und kleine Städte, die auf freiwillige Feuerwehren angewiesen sind. Es ist ferner der Kostenpunkt für die Anlage zu beachten und man wird deshalb u. a. öfter genöthigt sein, die Leitung, anstatt unterirdisch mittels Kabel, oberirdisch zu führen, die Zahl der Melde-Apparate zu beschränken, kurz die Einrichtung den dafür ausgeworfenen Mitteln anzupassen.

Der Nutzen von Feuerwehr-Telegraphen gegen die sonst übliche Methode, die Entdeckung eines ausgebrochenen Feuers lediglich der Wachsamkeit und dem Ueberblick eines Thurmwächters anzuvertrauen ist ein so anerkannter und durchschlagender, dass darüber wohl kein Wort zu verlieren ist. Thatsache ist, dass bei Anlage eines Feuerwehr-Telegraphen und guter Organisation einer Berufs-Feuerwehr grosse Brandschäden selten vorkommen, weil man dem Umsichgreifen eines ausgebrochenen Feuers schnell steuern kann; es müssten deshalb Kommunen, wie Feuerversicherungs-Gesellschaften im eigenen Interesse auf die Einrichtung solch nutzbringenden Instituts bedacht sein. —

Bei der Wahl der Apparate muss man sich darnach richten, ob Berufs- oder freiwillige Feuerwehr vorhanden ist. Im letzteren Falle können nur solche Apparate zur Anwendung kommen, deren Bedienung keine besondere Einübung für den Gebrauch erfordert, die einfach konstruirt sind und keiner Regulirung bedürfen, damit eine mangelhafte Behandlung oder Regulirung nicht die Funktion der Apparate stört oder gar aufhebt.

In grösseren Städten werden die ständigen Wach-Mannschaften in der Zentral- und den Neben-Stationen leicht für das Arbeiten mit Morse-Apparaten eingeübt werden können, so dass dann ein ausgebrochenes Feuer nicht blos durch hörbare, sondern auch durch schriftliche Zeichen gemeldet wird, wodurch die Uebersicht erleichtert und die zu leistende Hülfe beschleunigt wird.

Es sind hier nicht alle Arten der Einrichtung zu besprechen, zumal wohl jede Kommune ein anderes Programm aufstellt und auch die lokalen Verhältnisse maassgebend für die Einrichtung sind. — So werden beispielsw. Einrichtungen ausgeführt, bei denen von einem bestimmten Orte aus eine beliebige Zahl von sogen. Eisenbahn-Läutewerken, die in

verschiedenen Theilen der Stadt postirt sind, in Betrieb gesetzt werden und dadurch ein Sturmläuten — wie sonst von den Thürmen üblich — hervor bringen, um die zerstreut wohnende Feuerwehr zu allarmiren oder auch es werden die freiwilligen Mannschaften durch elektrische Wecker in ihren Wohnungen von der Zentralstelle aus zusammen gerufen. Es sollen nur die Anlagen für kleine und grosse Städte, die sich durch den Gebrauch und die Erfahrung bewährt haben, hier skizzirt werden.

Die Beschreibung der Apparate, insoweit sie nicht zum Verständniss nöthig ist und die Auseinandersetzung über den Stromkreis müssen hier übergangen werden, da dies in die speziellen Werke gehört. Auch mag nur allgemein erwähnt sein, dass unterirdisch gelegte Leitungen oberirdisch geführten vorzuziehen sind. Bei unterirdischen Leitungen, die schon durch ihre verdeckte Lage vor böswilliger wie zufälliger Verletzung geschützt sind, können die Depeschen (Meldungen) unter allen Witterungs-Verhältnissen (Gewitter) befördert werden, da durch die mehr oder minder dicke Schicht feuchter Erde, welche die Leitung bedeckt, die athmosphärische Elektrizität abgeleitet wird, was bei oberirdischen Leitungen nicht der Fall ist; vielmehr wird bei diesen gerade während des Gewitters der Depeschen-Verkehr gestört und werden auch die Drähte durch Stürme häufig zerrissen. Allerdings sind unterirdische Leitungen theurer herzustellen als oberirdische, aber sie erfordern nicht, wie diese, bedeutende Unterhaltungs-Kosten durch Abnutzung und Ersatz des Materials und Ueberwachungs-Kosten. — Das Material für unterirdische Leitungen ist Kabel, für oberirdische verzinkter Eisendraht, 4 mm stark.

Die Frage: ob Feuerwehr-Linien mittels Ruhe oder Arbeitsstrom zu betreiben sind? ist eine offene und wohl nur für jeden gegebenen Fall zu entscheidende. Sind die Melde-Linien und Apparate mit Sprech-Apparaten verbunden, dann wird der Betrieb mit Ruhestrom vorzuziehen sein, weil hier der Nachtheil desselben: das oft schwere Abfallen der Relais-Anker, bei längerer Unthätigkeit der Apparate, ganz fort fällt durch die Benutzung der Apparate zur Korrespondenz, die fast ununterbrochen betrieben wird. Wenn hingegen die Einrichtung lediglich für die Meldung ausgebrochenen Feuers dient, so wird sich für den Betrieb Arbeitsstrom empfehlen. Die Anwendung des Ruhestroms erfordert nur eine Linien-Batterie; die Einschaltung der Apparate ist einfach und gestattet von der Haupt-Station aus die verschiedenen Kreise beliebig zu einem einzigen zu verbinden, was zeitweise, etwa bei Auswechslung von Apparaten sehr wünschenswerth ist. Es markirt sich jede in der Leitung etwa eintretende Unterbrechung sofort durch das Abfallen der Anker an den Relais und durch das Läuten der Wecker und ist leicht zu finden und zu beseitigen, wohingegen bei Arbeitsstrom ein Fehler oder eine Unterbrechung in der Leitung sich erst beim Telegraphiren zeigt. Es gelangt keine Meldung nach der Station und der Ort der Störung ist schwer aufzufinden, da jede Einschaltung der Melde-Apparate mit einer guten Erdleitung versehen nnd für jede Einschaltung von Morse-Sprechstationen eine besondere Linien-Batterie installirt werden muss. Dafür halten bei Arbeitsstrom die Batterien längere Zeit vor und die Morse-Apparate arbeiten sicherer, weil sie nur in Betrieb kommen, wenn die Leitung geschlossen wird. Denn es ist bekanntlich bei Ruhestrom stets Strom in der Leitung, die Anker der Apparate sind angezogen, die Kontakte geschlossen; wird die Leitung unterbrochen, so fallen die Anker von den Elektro-Magneten ab und die Apparate treten in Betrieb; die Wirkung erfolgt also durch Unterbrechung. Bei Ar-

beitsstrom wird erst durch Schluss des Kontakts Strom in die Leitung geschickt; dadurch erfolgt Anziehung der Anker und hiernach Thätigkeit der Apparate. — Zum Betriebe der Leitungen sind Meidinger'sche Elemente — kleine Ballonform 15 cm hoch — anzuwenden, dieselben wirken gleichmässig, sind konstant und verlangen keine besondere Beaufsichtigung. Die für eine Anlage erforderliche Anzahl der Elemente, richtet sich nach der Zahl der Apparate und der Ausdehnung der Leitungs-Linien. —

Die Anlage von Feuersignal-Telegraphen kann in zwei Gruppen eingetheilt werden, von denen die erste die Melde-Apparate, die zweite die Empfangs-Apparate umfasst. Die Melde-Apparate sind entweder die gebräuchlichen Morse-Kontaktschlüssel, mit denen bestimmt vorgeschriebene Zeichen gegeben werden, oder automatische Signalgeber, die, in Betrieb gesetzt, die Depesche (Meldung) in Morse-Schrift befördern. Kontakt-Schlüssel finden ihre Anwendung bei Anlagen in kleineren Städten, automatische Signalgeber in grossen Städten; für jene genügt als Empfangs-Apparat der elektrische Wecker und das Galvanoskop; diese machen als Empfangs-Apparat Morse-Farbschreiber zur Bedingung. Die Morse-Farbschreiber in der Empfangs-Station sind mit Selbst-Auslösung zu versehen, wodurch das Uhrwerk sich selbst auslöst und arretirt. Es werden also Depeschen vom Morse - Apparat nieder geschrieben werden auch wenn der betr. Beamte nicht beim Apparat anwesend ist. Würde die Selbst-Auslösung nicht angebracht sein, dann würde der Schreibhebel bei Ankunft einer Depesche wohl seine Bewegungen machen, die Depesche aber nicht niederschreiben können, weil das unausgelöste Uhrwerk nicht arbeiten kann. — Die anderen zu den Empfangs-Apparaten gehörenden Apparate werden bei der Beschreibung der Anlage für die Hauptstation besprochen werden.

Der automatische Signalgeber — in einem Gehäuse in Form der Regulator-Uhren — enthält:

1) Das Schrifträdchen, das durch Zug an einem Handgriff in Bewegung gesetzt wird. Das dadurch frei gewordene Uhrwerk setzt das Schrifträdchen in Umdrehung, welches die auf seinen vorspringenden Theilen eingeschnittenen Morse-Zeichen — Punkt und Strich — nach dem Morse - Apparat überträgt. Die Umdrehungen erfolgen auf jede Auslösung 3 mal hinter einander; ist das Gewicht des Uhrwerks auf dem Boden des Gehäuses angelangt, so schliesst es durch Kontakt (bei Ruhestrom) die Leitung; das Aufziehen geschieht durch eine Kurbel. Das Schrifträdchen eines jeden Signalgebers ist mit Morse-Zeichen in anderer Kombination versehen, giebt mithin nur seine Zeichen nach dem Morse-Apparate in der Station, und ist daselbst aus diesen Zeichen der Kreis zu ersehen, von dem aus Feuer gemeldet wird.

2) Ein Galvanoskop, das in die Leitung eingeschlossen ist und bei Ruhestrom auch die von andern Signalgebern gegebenen Zeichen durch die Nadel markirt, so dass dann ein gleichzeitiges Depeschiren von 2 Apparaten nicht zu besorgen ist. Bei Anlage mit Ruhestrom steht die Nadel des Galvanoskops; auf Ausschlag bei Thätigkeit eines Apparats markirt sie — wie eben gesagt — dessen Zeichen; bei Unterbrechung (Störung) in der Leitung steht sie senkrecht. Bei Anlage mit Arbeitsstrom markirt die Nadel nur die Zeichen des eigenen Apparats, steht senkrecht, gleichviel ob andere Apparate in Thätigkeit sind oder die Leitung an einer Stelle unterbrochen ist.

3) Einen Kontaktschlüssel, der beim Untersuchen der Anlage zum Sprechen nach der Station dient und dem des Telegraphirens Kundigen

bestimmte und vereinbarte Zeichen über die Art des gemeldeten Feuers gestattet. Der Kontaktschlüssel ist ferner zu benutzen, d. h. nieder zu drücken, bei Anlagen mit Arbeitsstrom, wenn von der Station nach dem Signalgeber Zeichen gegeben werden sollen, also dann, wenn eingeführt ist, von der Station aus nach dem Galvanoskop des Signalgebers gleichsam eine Quittung über den richtigen Empfang der Meldung zu geben.

4) Einen telegraphischen Blitzableiter, der bei oberirdisch geführten Leitungen in diese eingeschaltet ist. —

Was die spezielle Anlage eines Feuerwehr-Telegraphen für kleine und grosse Städte nach den Prinzipien, die sich im Laufe der Zeit bewährt haben, anbetrifft, so wird man im allgem. gut thun, die Zahl der Melde-Apparate, gleichviel ob einfache Kontaktschlüssel oder automatische Signalgeber die dazu verwendet werden, nicht zu gering zu bemessen, damit die Meldung eines ausgebrochenen Feuers so viel als möglich erleichtert wird.

Anlage in kleinen Städten. Nachdem Zahl und Ort der Kontaktschlüssel bestimmt ist, wird die Anlage so ausgeführt, dass sie bei der Brandwache mündet. Daselbst ist ein elektrischer Wecker installirt, der mit so viel Galvanoskopen verbunden ist, als Kreise für die Kontaktschlüssel eingerichtet werden. Wird die Leitung durch Niederdrücken des Schlüssels u. z. in kurzen Intervallen geschlossen, dann wird der elektr. Wecker dem entsprechend läuten und die Nadel des Galvanoskops schwingen. Sind z. B. 12 Kontaktschlüssel in der Stadt vertheilt und je 4 von ihnen zu einem Kreise verbunden, so werden 3 Leitungen in die Feuerwache geführt, daselbst für jeden Kreis an ein Galvanoskop geleitet und werden die 3 Galvanoskope mit dem elektr. Wecker verbunden sein. Wird dann ein beliebiger Kontaktschlüssel im 2. Kreise in 2 kurzen Intervallen nieder gedrückt, so wird der Wecker 2 mal läuten und die Nadel des 2. Galvanoskops schwingen und hieraus der Brandwächter sehen, dass vom 2. Kreise, und durch das 2 malige Läuten des Weckers, hören, dass vom 2. Kontakt aus Feuer gemeldet wird. Ob dann von der Brandwache aus noch durch elektr. Wecker der Thurmwächter oder die Mitglieder der Feuerwekr allarmirt werden, hängt von den lokalen Verhältnissen und dem Programm für die Löschordnungs-Hülfe ab. — Solche Anlagen werden oberirdisch geführt und ist deshalb in der Brandwache, vor Einführung an die Galvanoskope, 1 Blitzableiter für jede Leitung einzuschalten; die Erde wird selbstverständlich als Rückleitung benutzt. Die Kontaktschlüssel werden in kleinen verschliessbaren Kasten befestigt; den Schlüssel haben die für die Meldung des Feuers Designirten: Nachtwächter, Polizei, Mitglieder der Feuerwehr etc., an die man sich zu wenden hat. — Es ist statt der Kontaktschlüssel ein Signalgeber, der mit Sicherheit und Genauigkeit bestimmt abgegrenztes Läuten in der Station giebt, angewendet worden. Dieser Apparat hat sich vielfach bewährt, ist einfach konstruirt und ohne Vorkenntnisse von jedermann zu benutzen, aber allerdings erheblich theurer, als der einfache Kontaktschlüssel. Dafür ersetzt er bei kleinen Anlagen den früher beschriebenen automatischen Signalgeber, von dem er sich indess durch die manuelle Bewegung der Kurbel unterscheidet. —

Anlage in grossen Städten. Da man hier in der Haupt-Station auf eingeübte Telegraphisten zur Bedienung der Apparate rechnen kann, so werden als Empfangs-Apparate auch Morse-Farbschreiber mit den zugehörigen Apparaten zur Anwendung kommen, also in der Haupt- wie in den Neben-Stationen Morseschreiber mit Selbst-Auslösung,

Wecker, Galvanoskop, Kontakt-Schlüssel und werden, wenn die Leitungen oberirdisch geführt sind, Blitzableiter zu installiren und in den Melde-Stationen automatische Signalgeber einzuschalten sein.

Bei der Anlage der Leitungen ist zu bestimmen, in wie viel Bezirke die Stadt mit den Vorstädten einzutheilen ist, um darnach die Anzahl der Leitungen fest zu stellen und ob die Sprech-Stationen in die Leitungen der Melde-Stationen (Ruf-Linie) eingeschaltet werden oder eine separate Leitung (Sprech-Linie) erhalten sollen. Bei der Anlage der Ruf-Linien ist dem System der geschlossenen Kreise, in welche die Apparate in einen von der Haupt-Station ausgehenden und nach ihr wieder zurück geführten Leitungsdraht eingeschaltet werden, der Vorzug vor den Strahlen-System zu geben, bei denen die von der Haupt-Station ausgehenden Leitungen an ihren Endpunkten mit der Erde verbunden werden und nicht nach der Haupt-Station zurück kehren. Es muss dann aber in der Haupt-Station für jede Linie der eine Pol der Batterie an die Erde, der andere an die Linie selbst verbunden werden. Allerdings erfordert das System geschlossener Kreise Mehr-Verbrauch an Leitung und ist darum kostspieliger als das Strahlen-System, aber die Einschaltung der Melde-Apparate ist sicherer und einfacher, Verbindung einzelner Kreise zu einem sind leicht her zu stellen und die Ermittelung und Beseitigung etwa vorkommender Störungen in der Leitung ist rasch zu bewirken.

Die automatischen Signalgeber werden in den einzelnen Stadt-Bezirken (Kreisen) in beliebiger Zahl eingeschaltet; jeder Kreis mündet mit seiner Leitung in der Haupt-Station an einem Morse-Apparate mit Selbst-Auslösung. Da es jedoch zu kostspielig wäre, auch die Zahl der Apparate zu sehr anhäufen und ihre Bedienung zu sehr erschweren würde, wenn für jeden Kreis ein Morse-Apparat installirt würde, so benutzt man für mehrere — etwa für 3—4 Kreise — einen Morse-Apparat, der mit so vielen Fall-Nummern, als ihm Kreise zugetheilt sind, verbunden wird. Eine solche Fall-Nummer ist ein Elektro-Magnet mit einem Anker, an dem die Nummer-Scheibe befestigt ist, die, so lange der Anker angezogen ist, nicht sichtbar ist, beim Abfallen des Ankers vom Elektro-Magnet aber vortritt. Werden solche Fall-Nummern mit dem Morse-Apparat verbunden, so empfiehlt es sich, durch sie die Lokal-Batterie für den elektrischen Wecker einzuschalten, es wird dann der Wecker fortläuten bis die Fallscheibe abgestellt wird, während, wenn Fall-Nummern nicht benutzt werden, die Einschaltung der Lokal-Batterie für den Wecker durch den Schreibhebel des Morse-Apparats erfolgt und dann der Wecker in einzelnen Schlägen, den Intervallen des Schreibhebels entsprechend, läuten wird. Die mit dem Morse-Apparat verbundenen Apparate: Galvanoskop, Kontaktschlüssel und Blitzableiter erfüllen denselben Zweck, als die gleichen mit dem Signalgeber verbundenen Apparate. Ob die Meldungen eines ausgebrochenen Feuers nur nach der Haupt-Station und erst von dieser aus nach den Neben-Stationen oder nach sämmtlichen Stationen gleichzeitig erfolgen sollen, ob ferner von den Stationen aus weitere Signale nach bestimmten Orten gegeben oder Sprech-Apparate in verschiedenen Bureaus zur Korrespondenz installirt werden sollen, darüber entscheidet das jedesmalige Programm für die Anlage. Wird nun z. B. in Kreis II. ein Signalgeber in Betrieb gesetzt, so wird bei Ruhestrom die Leitung unterbrochen, der Morse-Farbschreibe-Apparat in der Haupt-Station (event. auch in den Neben-Stationen) wird dadurch ausgelöst, ebenso der Anker von der Fall-Nummer abgestossen und es wird der Schreib-Apparat die ankommenden Zeichen niederschreiben, die Fall-Nummer sichtbar werden, der Wecker läuten und die Nadel

des Galvanoskops schwingen. Der Beamte wird sofort ersehen, dass aus Kreis II. vom Signalgeber II — aus den Zeichen des Morse-Apparats zu entnehmen — Feuer gemeldet wird und das Nähere über die Grösse und Ausdehnung desselben aus der weiter folgenden Depesche erfahren. Durch den Kontaktschlüssel giebt er nach dem Galvanoskop des Signalgebers das bestimmte Zeichen über den Empfang der Meldung und, je nach der Anlage, die weiteren Meldungen nach den bezüglichen Stationen oder Signalweckern. Mit dieser Thätigkeit hat der Feuerwehr-Telegraph seinen Zweck erfüllt, das Uebrige zu thun ist dann Aufgabe der Löschmannschaft. — Es folgt aus dem früher Gesagten, dass, wenn die Anlage mit Arbeitsstrom betrieben wird, der oben beschriebene Vorgang durch Schluss der Leitung und Anziehen der Anker an den Apparaten vor sich geht. —

Feuerwehr-Telegraphen mit automatischen Signalgebern als Melde-Apparate und mit Morse-Farbschreibern mit Selbst-Auslösung und Fall-Nummern sind in fast allen grösseren Städten Europas theils ausgeführt, theils in der Ausführung begriffen; die Anlagen selbst differiren nur in der Art des Betriebs — in einigen Städten ist Ruhestrom, in anderen Arbeitsstrom eingerichtet —, der Eintheilung der Leitung in geschlossene Kreise oder Strahlensystem, in der Verbindung oder getrennten Anlage der Ruhe- und Sprech-Linien, und in der Führung der Leitung entweder unterirdisch oder oberirdisch. —

III. Blitzableiter.

Bearbeitet von Dr. Goldschmidt (in Firma Keiser & Schmidt in Berlin).

Litteratur: Arago, über Gewitter; Weimar 1839. — Kuhn, Handbuch der angewandten Elektrizitätslehre; Leipzig 1866. — Müller, Meteorologie; Braunschweig 1868. — Buchner, Konstruktion und Anlegung der Blitzableiter; Weimar 1876. — Verschiedene Aufsätze in Fachjournalen. — Holtz, Ueber Theorie etc. der Blitzableiter, Greifswald 1878.

Franklin gebührt das Verdienst, zuerst die Elektrizität der Gewitter-Wolken nachgewiesen und den Blitzableiter als Schutz gegen den Blitzschlag angegeben zu haben. Dieser Schutz soll den Blitzschlag unschädlich, mithin die elektrischen Entladungen von Gewitterwolken wirkungslos machen, indem sie dieselben mittels des Konduktors dem Erdboden zuführen. — Schwebt eine elektrische Wolke über dem Erdboden, so wirkt sie vertheilend auf denselben; die der Wolke gleichnamige Elektrizität wird abgestossen, die ungleichnamige angezogen und in allen Leitern, die sich mehr oder minder über die Erde erheben, angehäuft werden. Unter übrigens gleichen Umständen trifft der Blitz vorzugsweise die höchsten Stellen der Gebäude, es müssen also an diesen Stellen Blitzableiter angebracht werden. — Da der Blitz vorzugsweise Metalle trifft, so ist mit Bestimmtheit zu schliessen, dass, wenn eine Metallmasse den höchsten Punkt eines Gebäudes einnimmt, er diese Metallmasse treffen wird.

Der Blitz, welcher in eine Metallmasse eindringt, richtet nur in der Nähe der Stelle, wo er heraus tritt, Verwüstungen an. — Gebäude bestehen aus Leitern der Elektrizität: Metallmassen und Nichtleitern: Steine, Holze, welch' letztere aber durch Regen nass und dadurch zu Leitern werden. Es ist also der Blitzableiter auf der höchsten Stelle

des Gebäudes anzubringen, mit allen Leitern zu verbinden, von den Nichtleitern nicht zu isoliren und mittels ununterbrochener Leitung in das Wasser zu führen. Diese Grundsätze müssen bei Anlage von Blitzableitern streng eingehalten werden.

Bei jeder Blitzableiter-Anlage kommen in Betracht: Die Spitze mit der Auffangstange, die Leitung bis zum Erdboden und die Bodenleitung.

Spitze und Auffangstange. Die Spitze soll aus einem möglichst guten Leiter bestehen, den elektr. Wärme-Wirkungen und den atm. Einflüssen widerstehen und von oxydfreiem Metall hergestellt sein. Im allgemeinen werden Platin-Spitzen angewendet von 14 cm Höhe, die entweder direkt auf die Auffang-Stange, oder in einen Messing-Zylinder oder Kegel gelöthet und dann mit der Auffang-Stange selbst verlöthet werden. Allerdings wird Platin durch atm. Einflüsse, sowie durch Säure oder Schwefel enthaltende Dämpfe nicht angegriffen, aber es rangirt in der Leitungsfähigkeit bedeutend nach Kupfer, Gold und Silber. Es sind deshalb Spitzen aus Kupfer hergestellt und vergoldet worden. Nach Vorschrift des königl. preuss. Ingenieur-Komité sollen solche Spitzen aus Rothkupfer hergestellt werden und aus einem im Feuer vergoldeten, 6 cm hohen kegelförmigen und aus einem unvergoldeten, 10 cm hohen, zylindrischen Theil bestehen, in welchen das Drahtseil eingelöthet wird. Diese Spitzen erfüllen die Bedingungen, die an Blitzableiter-Spitzen zu stellen sind; sie haben sich durchweg bewährt und ist ihre allgemeine Anwendung deshalb zu empfehlen. — Der Vorschlag, die Spitze pfeilförmig herzustellen, ist abzuweisen, ebenso wie eine Reihe anderer, sogen. Verbesserungen, die noch dazu durch nicht stichhaltige Hypothesen begründet werden. Hingegen sollten, nach Kuhns Vorschlag, Silber-Spitzen in Anwendung gezogen werden, da chemisch reines Silber die möglichst grösste Leitungsfähigkeit besitzt, einen ausreichend hohen Schmelzpunkt (etwa 1000° C.) hat und den athm. Einflüssen widersteht. Hierzu kömmt, dass Silber im Preise billiger ist, sich leichter bearbeiten und mit andern Metallen verlöthen lässt, als Platin, und die Herstellung einer Silberspitze mit einem Durchm. von 2 cm an der Basis und einer Höhe von 4 cm nicht wesentlich theurer ist, als die einer vergoldeten Kupferspitze. Allerdings wird Silber durch Dämpfe von Schwefel und Säuren angegriffen; dies würde nur einen Grund abgeben, solche Spitzen nicht auf, oder in der Nähe von Schornsteinen, die derartige Dämpfe ausstossen, anzuwenden; das ist aber nur die Minderzahl der Anlagen. — Die früher beliebte Methode, statt einer Blitzableiter-Spitze deren 3 oder 5 am Ende der Auffang-Stange anzubringen, ist mit Recht ganz verlassen worden.

Die Auffang-Stange muss von Eisen hergestellt werden u. z. ist rundes oder vierkantiges Eisen Gasrohren vorzuziehen. Wird Rohr zur Auffang-Stange benutzt, so ist das Leitungs-Seil durch dasselbe hindurch bis in die Spitze zu führen. Der Durchmesser der Stange soll 2 cm am oberen Ende betragen und am unteren auf 4 cm, je nach der Länge, verstärkt werden. Die Stange muss, zumal in ihrem oberen Theil, möglichst leicht sein, damit unter ihren Schwankungen die Befestigung nicht leidet; sie darf aber besonders in ihren unteren Theilen nicht zu dünn sein, damit sie sich bei Stürmen nicht biegen kann. Wenn die Stange aus mehreren Stücken zusammen gesetzt wird, so sind diese sorgsam zu schweissen; sonst kann es vorkommen, dass die Stange bricht. Es sind Auffang-Stangen von mehr als 5 m Höhe zu vermeiden, weil ihrer soliden Befestigung technische Schwierigkeiten entgegen stehen; es ist besser statt einer so hohen Auffang-Stange

deren mehrere auf dem Dache zu vertheilen. Die Befestigung der Auffang-Stange geschieht i. d. R. unter der First, also innerhalb des Gebäudes, was bequem und nicht nachtheilig ist; nur bei Gebäuden, in denen eine bedeutende Anhäufung von Metallmassen- und Metalltheilen stattfindet, ist es richtiger, die Stange auf einer die First überragenden Holzsäule zu befestigen.

Ist auf dem Gebäude eine Flaggenstange aufgestellt, so ist an dieser die Leitung hoch zu führen und die Spitze auf dem Kranze der Stange zu befestigen; ist dieser von Metall, so müssen Spitze und Drahtseil direkt angelöthet werden. Wenn von Holz ist eine Vorrichtung, die sich dem Kranze anzupassen hat, anzubringen und mit dieser Spitze und Drahtseil zu verlöthen.

Wetter- oder Windfahnen dürfen nur dann als Auffang-Stange benutzt werden, wenn der Schaft aus einer Metall-Stange besteht, die eine ununterbrochene Leitung herstellt, nicht aber, wenn der Schaft durch einen Drehpunkt für die Fahne unterbrochen oder gar durch einen Glasknopf isolirt ist.

Für Schornsteine wird die Auffang-Stange mit 3 oder 4 Ansätzen die in das Mauerwerk eingemauert werden, versehen.

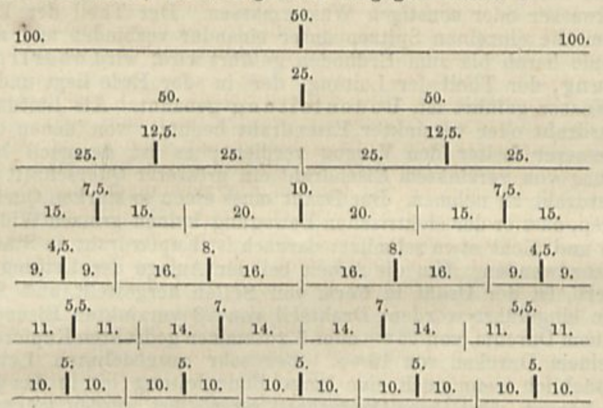
Für Thürme ist eine Auffang-Stange nur dann nöthig, wenn der Thurm keine Spitze, sondern ein flaches Dach hat; man verfährt hier mit der Befestigung wie bei den Flaggenstangen angegeben.

Im allgemeinen ist für Befestigen der Auffang-Stangen die Konstruktion des Dachs maassgebend; es lassen sich mithin für jeden Fall gültige Regeln nicht geben, man achte nur darauf, dass die Befestigung sicher und sorgfältig ausgeführt wird, damit die Stange der Gewalt des Sturmes widersteht. —

Mit den Schutzkreis eines Blitzableiters hat sich seit Franklin die Theorie vielfach beschäftigt, ohne eine auf wissenschaftlicher Grundlage basirte Regel aufstellen zu können. Es wird allgemein angenommen, dass der Durchmesser des Wirkungskreises einer Blitzableiter-Spitze gleich ist der 4fachen Höhen-Differenz der Spitze über dem höchsten Theil des Gebäudes. Nach diesem, durch die Erfahrung bewährtem Grundsatze ist die Höhe und Anzahl der Auffang-Stangen mit den Spitzen für die jedesmalige Anlage fest zu stellen und dabei auf deren richtige Anordnung und Konstruktion das grösste Gewicht zu legen. — Es kommt ferner in Betracht die Grösse, Bauart und Façade des Gebäudes, Material und Zweck desselben und die Beschaffenheit des Grund und Bodens. Es können diese Punkte nur für die jedesmalige Anlage in Betracht gezogen werden, aber es muss auch daran fest gehalten werden, sie nicht ausser Acht zu lassen, da sonst die ganze Anlage statt des Zweckes, das Gebäude vor Blitzschlag zu schützen, geradezu die Entladung desselben in das Gebäude bewirken kann. —

Da in Deutschland die meisten Gewitter aus Westen oder Südwesten kommen, so ist die Façade des Gebäudes, die dieser Richtung hauptsächlich ausgesestzt ist, durch eine grössere Anzahl von Auffang-Stangen und Leitungen zu schützen. Daraus folgt nicht, aus übertriebener Vorsicht die Zahl der Auffang-Stangen über Gebühr zu vermehren, da nach vielfacher Erfahrung fest steht, dass schon ein einziger Blitzableiter hinreichenden Schutz gewährt hat, wo man deren mehrere anzulegen für rathsam erachtete. Indess soll auch nicht die Zahl der Auffang-Stangen unter die nöthige Zahl herab gesetzt oder eine nicht ausreichende Höhe derselben angewendet werden, sondern es soll im grossen und ganzen der vorher angegebene Schutzkreis maassgebend sein. Bei einem Gebäude von 20^{m} Länge genügt 1 Auf-

fang-Stange von 5 m Höhe; bei grösseren Gebäuden z. B. 30 m Länge oder darüber sind mehrere Auffang-Stangen zu nehmen, da eine einzige über 7 m hoch sein müsste und dann für die solide Befestigung technische Schwierigkeiten entstehen würden, die zu vermeiden sind, wenn in diesem Falle 2 Auffang-Stangen von je 4 m Höhe gewählt und dem Schutzkreis entsprechend aufgestellt werden. — Buchner hat in seinem Werke über Blitzableiter S. 59 ein Schema für Länge und Zahl der Auffang-Stangen angegeben, das nach dem vorher mitgetheilten Grundsatz über den Schutzkreis aufgestellt ist, und das wir hier wiedergeben: „Auf einem Gebäude von 100 m gerader oder gebrochener Dachlänge können die Auffang-Stangen mit relativer Länge folgendermassen vertheilt sein u. z. unter den gewöhnlichen Umständen, wenn keine besonderen technischen Schwierigkeiten entgegen stehen“:



Besteht ein Gebäude aus mehreren Theilen von verschiedener Höhe und Tiefe, so muss, unter Benutzung der allgemeinen Regeln für Anlage von Blitzableitern, die Zahl der Auffang-Stangen modifizirt werden. Wenn in solchen Fällen die an der Haupt-Façade aufgestellten Blitzableiter für den Schutz nach der hinteren Ausdehnung des Gebäudes nicht ausreichen, so müssen auch an den Ecken des Gebäudes Blitzableiter aufgestellt und etwa vom Hauptgebäude getrennte Neben-Gebäude mit eigenen Blitzableitern versehen werden.

Bei Kirchen mit einem Thurme ist ein Blitzableiter, mit 2 Thürmen auf jedem Thurm ein Blitzableiter aufzustellen; auf der Kirche selbst ist ein Blitzableiter ausreichend, wenn ihre grösste Ausdehnung die Höhe des Thurms, von der First des Kirchendachs gerechnet, nicht erreicht; bei grösserer Ausdehnung ist Zahl und Höhe nach dem Schutzkreise zu bestimmen. Sämmtliche Auffang-Stangen sind unter einander zu verbinden und ist die Leitung dann an einer oder mehreren Stellen am Gebäude entlang zur Erde zu führen.

Metallmassen sind in die Leitung einzuschalten, d. h. sie müssen unter sich und mit dem Blitzableiter durch Neben-Leitungen so verbunden werden, dass sie selbst zu einem Theile des Blitzableiters werden; es sind hierhin besonders zu rechnen: metallene Bedachung, Träger, Eisen-Konstruktionen im Gebäude, Traufrinnen, Kessel etc. In einem jeden derartigen Falle ist es immer nothwendig, die detaillirten Bestimmungen an Ort und Stelle unter Berücksichtigung aller dabei vorkommenden Umstände gehörig in Erwägung zu ziehen, um danach die Anordnungen treffen zu können.

Ganz besondere Vorsicht wird zu nehmen sein bei Gebäuden, die zur Aufbewahrung leicht entzündbarer Materialien dienen, bei Fabrikgebäude für chemische Zwecke, für Gasometer und für Speicher, in denen grosse Quantitäten von Metallen lagern. Es wird hier nicht allein die Zahl der Auffang-Stangen reichlich zu bemessen, sondern auch die Dicke der Leitung genau fest zu stellen sein. Anlagen für derartige Gebäude sind unter der sorgfältigsten Berücksichtigung aller für Blitzableiter maassgebenden Regeln auszuführen und in kurzen Fristen — etwa jährlich — zu prüfen. Es kommen z. B. bei der Anlage von Blitzableitern für Pulver-Magazine so wichtige Faktoren in Betracht, dass die Genie-Corps einzelner Staaten ganz besondere Instruktionen hierfür aufgestellt haben. —

Die Leitung ist die Verbindung zwischen der Spitze und dem Grundwasser oder sonstigen Wassermassen. Der Theil der Leitung, welcher die einzelnen Spitzen unter einander verbindet und an dem Gebäude herab bis zum Erdboden geführt wird, wird oberirdische Leitung, der Theil der Leitung, der in der Erde liegt und bis in das Wasser geführt ist, Bodenleitung genannt. Als Leitung wird Kupferdraht oder verzinkter Eisendraht benutzt, von denen ersterer als besserer Leiter den Vorzug verdient; es ist demnach bei Anwendung von verzinktem Eisendraht ein grösserer Querschnitt als bei Kupferdraht zu nehmen. Der Draht muss einen so starken Querschnitt erhalten, dass er der elektrischen Bewegung keinen grossen Widerstand bietet und nicht etwa schmilzt: darnach ist Kupferdraht in Stärke von 8^{mm} anzuwenden. Um die Arbeit bei der Anlage der Leitung zu erleichtern, ist der Draht in Form von Seilen hergestellt und fast allgemein eingeführt worden: Drahtseil von 28 verzinkten Eisendrähten mit einem Durchm. von 13^{mm} oder 7 zusammen gedrehten Kupferdrähten mit einem Durchm. von 10^{mm}. Bei sehr ausgedehnten Leitungen, hauptsächlich wenn noch eine lange Bodenleitung bis in das Wasser hinzu kommt, wird jener Querschnitt vergrössert werden müssen, weil sich die Dicke der Leitung mit der Länge ändern muss; es könnte bei Vernachlässigung dieses Punktes eine Blitz-Entladung in das Gebäude oder in die in ihm enthaltenen Metalltheile erfolgen.

Die Anlage der Leitung ist in der Art vorzunehmen, dass das Drahtseil, bezw. der Draht mit der Auffang-Stange verlöthet und dann über den Dachfirst auf dem kürzesten Wege am Mauerwerk des Gebäudes herunter geführt und im Erdboden bis in das Grundwasser, bezw. einen Brunnen geleitet wird. Da die Leitung eine ununterbrochene sein muss, so sind alle Verbindungen sorgfältig zu löthen: Drahtseile sind 20^{cm} lang zu verflechten, dann zu löthen und ist die Löthstelle mit Mennige oder Oelfarbe zu streichen. Diese Schutzdecke soll etwa sich bildende Feuchtigkeit von der Löthstelle abhalten und dadurch das Entstehen eines galvanischen Elements verhindern. Kupferdrähte sind 5^{cm} über einander gelegt zu verlöthen und mit einer über die Löthstelle geschobenen und angelötheten Hülse aus Kupferrohr zu schützen. Zweckmässig ist, über der Löthstelle ein kleines Schutzdach gegen Regenwasser anzubringen, wenn dies die Oertlichkeit gestattet. — Es sind bei der Führung der Leitung scharfe Biegungen, Winkel und Ecken zu vermeiden, weil der Blitz sonst von der Leitung abweicht oder, weil er einen grösseren Widerstand findet, dieselbe zerstört; auch soll die Leitung nicht stramm angezogen sein.

Zur Führung der Leitung werden eiserne Stützen, die eingegipst oder angeschraubt werden, benutzt und dieselben in einer durchschnittl. Entfernung von 5^{m} angebracht; jedoch kann hierbei das

Aeussere des Bauwerks berücksichtigt werden. Mit den Auffang-Stangen wird die Leitung derart verbunden, dass um die Stange eine eiserne Klammer und in diese das Drahtseil, bezw. der Draht eingelöthet und mit der Löthstelle, wie oben angegeben, verfahren wird; ebenso wird die Leitung mit den Metallmassen des Gebäudes, z. B. eisernen Trägern etc. verbunden. Ist das Dach mit Metall gedeckt, so wird die Leitung über dieses geführt, an mehreren Stellen angelöthet und über die Löthstelle ein Bügel aus Zinkblech gelöthet. Ist ein Gebäude mit mehreren Auffang-Stangen und Spitzen versehen, so sind diese untereinander zu verbinden und ist die Leitung dann von so vielen Stellen aus hinab zu führen, als Bodenleitungen angelegt werden.

Wenn es auch im allgemeinen gerathen ist, nicht mehr als 3 Auffangstangen zu einer Bodenleitung zu vereinigen, damit der Weg zur Erde so kurz als möglich werde, so wird doch eine Modifikation in den Fällen erfolgen müssen, dass bei einem grossen Gebäude-Komplex mit sehr zahlreichen Auffang-Stangen, wegen der örtlichen Beschaffenheit des Terrains, nur eine Bodenleitnng zu ermöglichen ist. Die Leitung soll auf der Aussenseite, nicht auf der Innenseite des Gebäudes herab geführt, und kann in das Mauerwerk, in dem ein Schlitz ausgespart ist, eingelassen werden. Doch darf keine Isolirung der Leitung, weder der oberirdischen, noch der Bodenleitung, weder der Auffang-Stangen, noch der Nebenleitungen, d. i. Verbindungen der Stangen unter einander oder mit den Metallmassen des Gebäudes, vorgenommen werden, weil der Blitz an der isolirten Stelle austreten und Verwüstungen anrichten wird. Ist die Leitung bis zur Bodenfläche geführt, dann ist es, wenn Kupferdraht benutzt wurde, nöthig, denselben mit einem schützenden Ueberzuge zu versehen, also ihn mit Oelfarbe zu streichen, um die atm. Einflüsse abzuhalten. Bei Anwendung von Seil aus verzinkten Eisendrähten kann hiervon abgesehen werden, weil die Zinkhülle das Eisen vor dem Rosten genügend schützt. Der Verlauf der Leitungen muss sichtbar und zugänglich sein, damit schadhafte Stellen, die etwa entstehen, leicht erkannt und beseitigt werden können.

Abfallröhren sind am oberen und unteren Ende mit der Leitung zu verbinden, aber unter keiner Bedingung als Leitung zu benutzen.

Ueber die Verbindung von Gas- und Wasserleitungs-Röhren mit der Leitung des Blitzableiters sind die Ansichten der Fachmänner getheilt. Während Buchner eine Verbindung nicht für nöthig hält, weil die Metallmasse dieser Röhren zu gering sei, um Gefahr zu erzeugen, aber zugiebt, dass eine solche bei freier Lage, wenigstens ihrer Enden, in bewohnten Räumen leicht hervor gerufen werden kann, verlangt Holtz, dass sie, als Haupt-Anziehungspunkte des Blitzes, mit der Leitung verbunden werden und diese Verbindung ausserhalb des Gebäudes am besten mit den Zuleitungs-Röhren bewirkt und, wenn dies nicht möglich, die Leitung dicht neben ihnen ins Grundwasser geführt werde. Dies wird sich bei den meisten Anlagen am einfachsten und leichtesten ausführen lassen. —

Sind bei einem Blitzableiter für Kirchen mit einem Thurm oder 2 Thürmen mehrere Auffang-Stangen mit Spitzen auf den Thürmen und dem Kirchendache vertheilt, so ist von dem Thurm, bezw. den Thürmen die Leitung direkt ins Grundwasser zu führen und für die Leitung vom Kirchendache eine 2. Leitung nach dem Grundwasser anzulegen; die Leitung vom Thurm ist selbstverständlich mit der Leitung vom Kirchendache zu verbinden. Gestattet in solchen Fällen die Beschaffenheit des Terrains die Anlage nur einer Bodenleitung, so ist dieselbe allemal in der Nähe des Thurms herzustellen. —

Ist ein Gebäude mit mehreren Auffang-Stangen und Spitzen zu schützen, so sind die Verbindungen derselben schon am Firste her zu stellen; erhöhete Gegenstände auf dem Dache, wie metallene Verzierungen, müssen in die Leitung eingeschlossen werden, auch wenn sie innerhalb des Schutzkreises des Blitzableiters liegen.

Ist die Leitung bis an den Erdboden geführt, dann wird sie in einem möglichst grossen Winkel in das Grundwasser abgeführt, jedoch so, dass sie nicht in die Nähe benachbarter Gebäude zu liegen kommt. Ist dieser Theil der Leitung — Bodenleitung — nach einem Brunnen oder fliessenden Wasser zu leiten, dann ist ein Kanal, der mit einer Tiefe von ca. 1 m beginnt und allmählig fällt, nach dem Wasser auszugraben und in diesen die Leitung zu legen. Es ist stets der niedrigste Wasserstand als maassgebend anzunehmen und in diesem die Leitung in grosser Fläche zu beenden. Zu dem Zwecke ist eine Metallplatte (Zinkblech) von 2—3 qm Flächeninhalt und 2 mm Dicke zu nehmen, an die das Drahtseil angelöthet wird; es kann auch das Drahtseil selbst in Form einer Schnecke im Durchmesser von 2 m innig zusammen gelegt und mit verzinktem Eisendraht gebunden angewendet werden. Platten von Eisen leiden zu sehr durch Rosten, müssten auch bedeutend dicker als Zinkplatten sein, um dieselbe Leitungsfähigkeit zu haben. Platten aus Kupferblech sind in Brunnen, deren Wasser für den Haushalt benutzt wird, nicht zu legen, wohl aber in fliessendem Wasser zulässig. Die Erdplatte soll den Widerstand, den der Blitz beim Eintritt in die Erde findet, auf ein möglichst niedriges Maass herab ziehen und sie muss auch beim niedrigsten Wasserstand noch 1 m vom Wasser bedeckt sein. Viele Blitzableiter-Anlagen, die sich nicht bewährt haben, laboriren an dem Kardinal-Fehler, dass die Leitung ohne Platte nur in der trockenen Erde endet. In solchem Falle, überhaupt bei Anlagen, in denen eine richtige Bodenleitung mit Metallplatte nicht hergestellt ist, kann der Blitz nur einen Theil der Leitung verfolgen und wird dann in das Gebäude eintreten, weil der Weg von der Spitze nach dem Wasser in der Leitung unterbrochen, der Widerstand in der Erde zu gross ist und demgemäss die Entladung im Wasser nicht statthaben kann. Es ist deshalb von Benutzung ummauerter Wasser-Reservoire, Zisternen, Senkgruben für das Einlegen der Erdplatten stets abzusehen, weil diese nicht direkt mit der Erde in Verbindung stehen; es dürfen Brunnen im Innern des Gebäudes nicht für Einlegen der Metallplatten benutzt und Bodenleitungen nicht mit einem schützenden Anstrich versehen werden, weil dieser dieselben vom Erdreich isolirt.

Bei der Anlage eines Blitzableiters ist der Schwerpunkt auf eine gute Bodenleitung zu legen, da nur durch eine solche die erwartete Wirksamkeit eintreten kann; es ist also bei jeder Anlage von grösster Wichtigkeit, die Boden-Beschaffenheit genau zu kennen und sich über den Stand des Grundwassers, bezw. des Brunnen- und fliessenden Wassers zu unterrichten. Niemals darf in diesem Punkte eine Konzession gemacht werden, indem man die Leitung nur in die Erde führt, weil etwa der Auftraggeber sich begnügt, auf seinem Hause überhaupt einen Blitzableiter aufstellen zu lassen. Ist keine gute und ausreichende Bodenleitung her zu stellen, dann unterbleibe die Anlage eines Blitzableiters ganz. Die Litteratur weist Fälle in Menge nach, in denen Einschlagen des Blitzes in mit Blitzableitern versehene Gebäude lediglich durch schlechte Bodenleitung hervor gerufen wurde; der jetzige Stand der Wissenschaft und Praxis in der Anlage von Blitzableitern kann Mängel der Bodenleitung nicht entschuldigen.

Ist die Bodenleitung sehr lang, so muss dieselbe in Entfernungen

von je 5 m mit Zweig-Leitungen von ca. 3 m Länge, die mit der Haupt-Leitung gut verlöthet sind, versehen werden. Solche Zweig-Leitungen sollen nicht tief unter der Erde liegen, damit sie, auch wenn die Erde, von welcher sie umgeben sind, nicht feucht ist, doch in Wirksamkeit treten, wenn der Boden durch Regen nass wird. — „Die Einrichtung der Bodenleitung für ein auf einem Felsengrund errichtetem Bauwerk muss so sorgfältig, als die Umstände es gestatten, vorgenommen werden, wenngleich durch diese Boden-Beschaffenheit das Eintreten von Blitzschlägen nicht begünstigt wird. Hier suche man an den niedrigsten Stellen der Umgebung einige Punkte auszumitteln, die in möglichst grosser Entfernung von dem Gebäude sich befinden und geeignet sind, einige Brunnen-Schachte, wenn auch von geringer Weite, dort ausbohren zu können. Der Leitung soll dann, mehrfach an verschiedenen Stellen sich verzweigend, unter der Erd-Oberfläche, wenn dieses angeht, bis zu den Brunnen geführt werden. Jedenfalls erscheint es nothwendig, wenn das Gebäude dauernd gegen Blitzes-Wirkungen geschützt werden soll, dass man in einer grösseren Ausdehnung auf der ganzen Strecke, welche die Leitung am Boden einnimmt, die Oberfläche mit einer dicken Schicht von Erdmassen bedeckt, welche eine grosse Menge von Feuchtigkeit zu absorbiren, und bei eintretenden Regengüssen die leitende Verbindung mit dem natürlichen Erdreich der nähern Umgebung u. s. w. herzustellen vermag. Ebenso wird man für Gebäude, die auf isolirten Anhöhen oder auch hohen Bergen erbaut sind, mehrere Leitungen durch unterirdische, nach den Niederungen hin abfallende Gräben von dem Gebäude hinweg führen, so dass das Ende derselben in Brunnen-Schachte einmündet, welche das Ende der Bodenleitung beständig mit natürlichen Wassermassen in Verbindung erhalten“. (Kuhn). Gas- oder Wasserleitungs-Röhren dürfen als Ersatz der Bodenleitung nicht benutzt werden, weil an ihnen sehr häufig die einzelnen Röhrenstücke mit isolirender Masse in einander gefügt sind. An Stellen, die in solcher Weise die Leitung unterbrechen, wird der Blitz überspringen und Zerstörung anrichten, wie dies u. A. in Basel vorgekommen ist. Ebenso sind alle vorgeschlagenen Ersatzmittel für die Endigung der Bodenleitung, als Ausfüllung des trockenen Erdbodens mit Kohlen, zu verwerfen.

Die Anforderungen, die an einen richtig angelegten Blitzableiter zu stellen sind, lassen sich kurz dahin zusammen fassen:

Die Spitze muss von edlem Metall sein und auf dem höchsten Punkt des Gebäudes aufgestellt, die Anzahl und Höhe der Spitzen und Auffang-Stangen nach dem Schutzkreis bestimmt werden. — Sämmtliche Auffang-Stangen bei einer Anlage sind untereinander, u. z. schon am Firste des Daches zu verbinden. — Sämmtliche Metallmassen des zu schützenden Gebäudes sind zu Theilen der Leitung zu machen, also mit dieser zu verbinden; alle Verbindungen sind sorgfältig zu löthen und die Löthstellen mit einem schützenden Ueberzuge zu versehen. — Die Leitung muss von der Spitze bis in das Wasser ununterbrochen sein.

Jede Isolirung der Leitung ist zu unterlassen.

Die Leitungsfähigkeit des Leitungs-Materials muss gross genug sein, um unter keinen Umständen eine wahrnehmbare Wirkung zu erfahren oder durch die Einwirkung elektrischer Ströme eine Veränderung zu erleiden.

Die Leitung ist auf dem kürzesten Wege, mit Vermeidung von Winkeln und Ecken, vom Dache aus nach dem Wasser zu führen.

Als Leitung ist nur anzuwenden: Kupferdraht 8 mm stark, Drahtseil aus verzinkten Eisendrähten 13 mm stark, zusammen gedrehte Kupfer-

drähte (Kabel) 10mm stark, für die Erdplatte der Bodenleitung eine Metallplatte von grossem Flächeninhalt, die auch bei niedrigstem Wasserstande noch etwa 1 m tief im Wasser liegt.

Sind auf einem Gebäude mehrere Auffang-Stangen mit Spitzen aufgestellt, so ist die Leitung von so vielen Stellen aus nach der Erde zu führen, als Bodenleitungen angelegt werden.

Die Bodenleitung und das Versenken der Metallplatte in das Wasser ist mit äusserster Umsicht auszuführen.

Gestatten die Terrain-Verhältnisse die Ausführung einer sichern Bodenleitung nicht, so ist von der Anlage eines Blitzableiters abzusehen.

Jede Blitzableiter-Anlage ist zu prüfen und diese Prüfung zeitweise, ausserdem bei etwaigen Veränderungen oder Ausbesserungen am Gebäude, zu wiederholen.

Die Prüfung hat sich zu erstrecken auf die einzelnen Theile der Anlage durch sorgfältige Untersuchung derselben durch den Augenschein und auf die Leitungs-Fähigkeit durch Mess-Instrument. Bei jener ist fest zu stellen, dass Zahl, Länge und Vertheilung der Auffang-Stangen und Leitungen, die Dicke der Leitung, die Nebenleitungen und die Verbindungen richtig gewählt und ausgeführt sind, dass die Bodenleitung im Wasser endet und die Erdplatte, wie überhaupt die ganze Leitung, intakt ist. Die Prüfung durch das Mess-Instrument kann nur anzeigen, ob in der Leitung Fehler vorhanden sind, die durch den Augenschein nicht wahrnehmbar sind, z. B. Oxydation des Metalls an den Verbindungsstellen. Zu dieser Prüfung reicht das Galvanoskop nicht aus, weil an demselben ein Ausschlag der Nadel sich markirt, trotzdem z. B. der Querschnitt der Leitung nicht hinreichend ist oder einzelne Theile der Leitung durch Oxydation oder andere Einflüsse schadhaft sind. Es sind deshalb nur Mess-Instrumente wie Universal-Galvanometer von Siemens, Sinusbussole mit Rheostat und das nach Angabe des königl. pr. Ingenieur-Comité von Keiser & Schmidt konstruirte Galvanometer zur Untersuchung angelegter Blitzableiter zu benutzen; als galvanisches Element ein solches, das konstant genug ist, um durch Polarisation die Untersuchung nicht unsicher zu machen.

Die Prüfung zerfällt in die der oberirdischen und der Bodenleitung. Bei jener wird an der Spitze ein Kupferdraht von 1,5mm Durchmesser sicher befestigt, bis an den Erdboden geführt und mit einem Pol des galvanischen Elements verbunden; von der Leitung und zwar von der Stelle, wo sie in den Erdboden abgeführt ist, wird ein eben solcher Draht an das Mess-Instrument und von diesem an den anderen Pol des galvanischen Elements geführt. Sind bei einer Anlage mehrere Spitzen und Leitungen vorhanden, so wird natürlich mit einer jeden ebenso verfahren. Behufs Untersuchung der Bodenleitung wird ein Draht — wie vorher angegeben — von dem einen Pol des galvanischen Elements in den nächsten Brunnen oder ein natürliches Wasser-Reservoir geführt, mit dem eine Metallplatte von ca. 0,50qm Flächeninhalt verbunden ist; von der Leitung u. z. von der Stelle aus, wo sie in den Erdboden geführt ist, wird ein Draht mit dem Mess-Instrument und von diesem mit dem anderen Pol des Elements verbunden. Auch hierbei muss jede Bodenleitung besonders untersucht werden.

Man erhält durch solche Prüfung ein genaues Resultat über etwaige, selbst minutiöse Fehler in der Anlage. Selbstverständlich kann aber eine derartige Prüfung nur von einem mit der Anwendung von Mess-Instrumenten Vertrauten vorgenommen werden.

Druck von W. Pormetter in Berlin C., Neue Grünstrasse 30.



